

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Herr Ing.  
**Mohamed El Hani**

**Untersuchung zum Aufbau  
einer sprachgesteuerten  
Fernbedienung**

Mittweida, 2012



# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Untersuchung zum Aufbau einer sprachgesteuerten Fernbedienung**

Autor:

**Herr Ing. Mohamed El Hani**

Studiengang:

**Informationstechnik**

Seminargruppe:

**KI08w2wNA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Beierlein**

Zweitprüfer:

**Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Nowak**

Einreichung:

**Mittweida, 15.07.2012**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2012**



## **Bibliografische Angaben:**

El Hani, Mohamed:

Untersuchung zum Aufbau einer sprachgesteuerten Fernbedienung - 2012 - xi, 70, XVIII.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,  
Fakultät Elektro- und Informationstechnik, Diplomarbeit, 2012

## **Referat:**

In Österreich leben 6,7 Prozent der Bevölkerung mit einer körperlichen Behinderung. Einige leben in Institutionen, wo ihnen rund um die Uhr ein Angebot zur Pflege und Betreuung zur Verfügung steht. Vielen aber erlaubt der Grad der Behinderung ein Leben in einem privaten Umfeld, wo sie ihren Alltag unterstützt von Angehörigen bzw. persönlichen Assistenzdiensten weitestgehend selbständige bewältigen. Technische Assistenzsysteme gewinnen in diesem Bereich zunehmend an Bedeutung. Speziell auf dem Gebiet der Sprachsteuerung beginnt man das Potential zu entdecken. Diese Arbeit untersucht, wie eine sprachgesteuerte Fernbedienung aufgebaut sein muss, um Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen im Wohnumfeld Unterstützung bei der Bewältigung des Alltags bieten zu können.

## **Danksagung:**

Ich bedanke mich bei Prof. Dr.-Ing. Thomas Beierlein von der Fakultät Elektro- und Informationstechnik an der Hochschule Mittweida für die kritischen und anregenden Beiträge und für die ausgezeichnete Zusammenarbeit im Verlauf der Erstellung der Diplomarbeit.

Auch meinem betrieblichen Betreuer Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Nowak sei an dieser Stelle mein Dank ausgesprochen für sein stets offenes Ohr und für seine engagierte fachliche Begleitung.

Besonderer Dank gebührt meiner Frau, da sie als Betreuerin von Menschen mit Behinderung die Idee zur vorliegenden Arbeit lieferte.

Speziell gilt mein Dank auch meinem Neffen Riad und meinem Freund Martin, die als Betroffene wichtige Anregungen und Einschätzungen zum Anwendungshintergrund eingebracht haben.

# Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>v</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>viii</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>x</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>xi</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ziel der Arbeit.....	3
1.2 Kapitelgliederung der Arbeit.....	3
<b>2 Anwendungshintergrund.....</b>	<b>5</b>
2.1 Intelligente Wohnumgebungen und technische Assistenzsysteme.....	5
2.1.1 Intelligent Wohnen mit dem Smart Home .....	5
2.1.2 „Ambient Assisted Living“ .....	7
2.2 Einsatzszenario Sprachsteuerung.....	8
<b>3 Stand der Technik .....</b>	<b>11</b>
3.1 Grundlagen zur Spracherkennung .....	11
3.1.1 Prinzip der Spracherkennung.....	12
3.1.1.1 Spracherkennung durch Mustervergleich .....	12
3.1.1.2 Spracherkennung durch Stochastische Methoden .....	12
3.1.2 Unterteilung von Spracherkennungssystemen .....	13
3.1.3 Spracherkennung - Stand der Technik.....	13
3.2 Verfügbare Spracherkennungslösungen .....	14
3.2.1 vicCONTROL DSP 3.0.....	14
3.2.2 Lösungen von Sensory .....	15
3.2.2.1 Sensory - Voice Direct 364.....	15
3.2.2.2 Sensory - Voice Extreme .....	16
3.2.2.3 Sensory - RSC-4x Demo/Evaluation Toolkit.....	16
3.2.3 Veeear – Smart VR Development Kit .....	16
3.3 Funkübertragungstechnologien .....	18
3.4 Sprachsteuerung - Untersuchung gewerblicher Lösungen .....	19
3.4.1 „...Gesagt, getan!“ – Easy by Voice .....	19
3.4.1.1 Bewertung der „Easy by Voice – Lösung“ .....	21

3.4.2	„Sicare-Pilot“ – Umfeldsteuerung mittels Lautsprache .....	22
3.4.2.1	„Sicare Light“ .....	23
3.4.2.2	Bewertung des „Sicare-Pilots“ .....	24
3.5	<i>Bezugnahme auf vorhandene Diplomarbeiten</i> .....	25
3.5.1	Diplomarbeit 1: Marc Delling, Entwicklung einer multimodalen Kontrolleinheit für einen barrierefreien Multimedia PC .....	25
3.5.1.1	Bewertung aus Sicht des Autors .....	27
3.5.2	Diplomarbeit 2: Gerhard Loidolt, Autonom 3: Spracherkennung .....	28
3.5.2.1	Bewertung aus Sicht des Autors .....	30
<b>4</b>	<b>Präzisierung der Aufgabenstellung</b> .....	<b>32</b>
4.1	<i>Fallbeispiele</i> .....	32
4.1.1	Fallbeispiel 1: Riad, 12 Jahre .....	32
4.1.2	Fallbeispiel 2: Martin, 36 Jahre .....	33
4.2	<i>Anwendungsfalldiagramm</i> .....	33
4.2.1	Bestandteile und Notationen eines Anwendungsfalldiagramms .....	34
4.2.1.1	Anwendungsfall .....	34
4.2.1.2	System .....	34
4.2.1.3	Akteur .....	34
4.2.2	Erstellung eines Anwendungsfalldiagramms .....	35
4.3	<i>Beschreibung der Use Cases</i> .....	36
4.4	<i>Gesamtsystem</i> .....	38
4.5	<i>Festlegung der Anforderungen</i> .....	40
4.5.1	Funktionale Anforderungen .....	40
4.5.2	Qualitätsanforderungen .....	41
4.6	<i>Schlussbemerkung zur Anforderungsanalyse</i> .....	41
<b>5</b>	<b>Entwurf einer eigenen Lösung</b> .....	<b>43</b>
5.1	<i>Steuerungskonzept</i> .....	43
5.2	<i>Komponenten Gesamtsystem</i> .....	44
5.3	<i>Logischer Entwurf für die sprachgesteuerte Fernbedienung</i> .....	45
5.3.1	Funktionen .....	45
5.3.2	Sprachbefehlskonzept .....	46
5.3.3	Eigenschaften der sprachgesteuerten Fernbedienung .....	48
5.4	<i>Grundlegende Entscheidungen über verwendete Technologien</i> .....	49
5.4.1	Spracherkennung .....	49
5.4.2	Funkübertragung .....	49
5.4.3	Mikrocontroller .....	50
<b>6</b>	<b>Realisierung</b> .....	<b>52</b>



6.1	<i>Blockschaltbild</i>	52
6.2	<i>Auswahl der Hardware</i>	53
6.2.1	Spracherkennungsmodul VD364	53
6.2.2	Mikrofon	54
6.2.3	Lautsprecher	55
6.2.4	Mikrocontroller	55
6.2.5	Bus-Transceiver	56
6.2.6	Funkübertragungsmodul	57
6.2.7	LCD-Modul	58
6.2.8	Spannungsversorgung	59
6.2.9	Integration in die bestehende Hardware	60
6.3	<i>Schaltungsentwurf</i>	60
6.3.1	Baugruppen und ihre Bezeichnungen im Schaltplan	61
6.3.2	Schnittstellen der Komponenten	62
6.3.3	Die fertige Platine	62
6.4	<i>Programmierung und Test</i>	63
6.4.1	Funktionsumfang der Software	63
6.4.2	Programmierung des Mikrocontrollers	64
6.4.2.1	Digitale I/O-Ports	64
6.4.2.2	Programmierung der seriellen Schnittstelle S1	65
6.4.3	Testumgebung	66
6.5	<i>Fazit</i>	66
<b>7</b>	<b>Ergebnisse und Ausblick</b>	<b>67</b>
7.1	<i>Zusammenfassung</i>	67
7.2	<i>Ergebnisse</i>	68
7.3	<i>Ausblick</i>	69
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>71</b>
	<b>Anlagen</b>	<b>75</b>
	<b>Anlage A</b>	<b>I</b>
	<b>Anlage B</b>	<b>V</b>
	<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>19</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Smart Home Bussystem [BrCC12].....	6
Abbildung 2: „Ambient Assisted Living“ [BMBF12].....	7
Abbildung 3: Anwendungsidee sprachgesteuerte Fernbedienung .....	9
Abbildung 4: Abfolge bei der automatischen Spracherkennung.....	12
Abbildung 5: System-Logo Easy by Voice [INSO12].....	20
Abbildung 6: Schema Easy by Voice [INSO12] .....	20
Abbildung 7: "Sicare-Pilot"[SEVE12] .....	23
Abbildung 8: "Sicare light" [SEVE12].....	24
Abbildung 9: Gesamtsystem [DELL08, S.16].....	26
Abbildung 10: Das "Autonom"-Baukastensystem [LOID95, S. 4].....	29
Abbildung 11: Standardnotation für einen Use-Case .....	34
Abbildung 12: Standardnotation für das System.....	34
Abbildung 13: Mögliche Akteure.....	35
Abbildung 14: Anwendungsfalldiagramm für Fallbeispiel 1 und 2 .....	36
Abbildung 15: Schematische Darstellung des Gesamtsystems .....	39
Abbildung 16: Exemplarische Wohnumgebung .....	44
Abbildung 17: Blockschaltbild Fernbedienung .....	52
Abbildung 18: Blockschaltbild Gesamtsystem .....	53
Abbildung 19: Blockdiagramm RSC364 Mikrocontroller .....	53
Abbildung 20: Pinbelegung Spracherkennungsmodul .....	54

Abbildung 21: Blockschaltbild 80C517A .....	55
Abbildung 22: Bidirektionaler Treiber.....	56
Abbildung 23: Manchester Codierung .....	58
Abbildung 24: Anschlüsse LCD-Modul .....	58
Abbildung 25: Schaltplan sprachgesteuerte Fernbedienung.....	61
Abbildung 26: Schnittstellen der Komponenten .....	62
Abbildung 27: Prototyp für die sprachgesteuerte Fernbedienung .....	63
Abbildung 28: Prinzipschaltung eines Portanschlusses .....	64
Abbildung 29: Asynchronübertragung eines Zeichens.....	65

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kostenvergleich herkömmliche und intelligente Haustechnik im Neubau .....	6
Tabelle 2: Merkmale verfügbarer Spracherkennungslösungen.....	17
Tabelle 3: Beispiele für Nutzungen im ISM-Band .....	18
Tabelle 4: Vergleich ISM 433 MHz und SRD 868 MHz.....	19
Tabelle 5: Wesentliche Merkmale der beiden gewerblichen Lösungen.....	25
Tabelle 6: Merkmale von Dellings Entwurf.....	27
Tabelle 7: Merkmale von Loidolts Entwurf .....	29
Tabelle 8: Sprachbefehlskonzept - Nummerierung der Empfänger.....	47
Tabelle 9: Sprachbefehlskonzept – festgelegte Abfolge .....	47
Tabelle 10: Strombedarf aller verwendeten Baugruppen.....	59
Tabelle 11: Bauteile und ihre Referenzen im Schaltplan .....	61
Tabelle 12: Stückliste sprachgesteuerte Fernbedienung .....	IV

# Abkürzungsverzeichnis

<b>APP</b>	Application, Anwendungsprogramm für Smartphones und Tablet-Computer
<b>CAPI</b>	Common Application Program Interface - Softwareschnittstelle für ISDN-Adapter
<b>CPU</b>	Central Processing Unit
<b>EIB</b>	Europäischer Installationsbus - Feldbussystem in der Gebäudeautomation
<b>KNX</b>	Konnex – Feldbus in der Gebäudeautomation
<b>IC</b>	engl. integrated circuit, auch integrierte Schaltung, Mikrochip
<b>IDE</b>	Integrated development environment, integrierte Entwicklungsumgebung
<b>I/O</b>	Input/Output
<b>IR</b>	Infrarot
<b>ISDN</b>	Integrated Services Digital Network
<b>ISM</b>	Industrial Scientific and Medical Band
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display
<b>PC</b>	Personal Computer
<b>RFID</b>	Radio Frequency Identification
<b>SIRI</b>	Speech Interpretation and Recognition Interface, Spracherkennungssoftware von Apple für iPhone 4S
<b>SRD</b>	Short Range Devices
<b>TK-System</b>	Telekommunikationssystem, Telefonanlage
<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
<b>UML</b>	Unified Modeling Language, Modellierungssprache für Software und andere Systeme
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Net, Lokales Funknetz nach Standard IEEE-802.11

# 1 Einleitung

Befragt man Menschen mit Behinderung, welche Hilfe sie am meisten benötigen oder was ihre größten Wünsche sind, so steht ganz oben, ein möglichst selbstständiges und selbstbestimmtes Leben zu führen. Das bedeutet weitestgehende Autonomie im täglichen Leben und möglichst wenig auf Unterstützung anderer angewiesen zu sein. Betroffene wollen größtmögliche „Normalität“, das heißt so wie Menschen ohne Behinderung am gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Leben teilhaben. Dazu gehören ein eigenes Einkommen, selbstständiges Wohnen, Kommunikation mit Anderen, Bewegungsfreiheit und sinnvolle Beschäftigung in Beruf und Freizeit.

Körperliche Behinderung kann jeden treffen. Menschen mit Behinderung sind seit jeher trotz aller medizinischen Fortschritte ein Teil unserer Gesellschaft. Schätzungen zufolge machen sie innerhalb der Europäischen Union 10 % der Bevölkerung aus. Dabei handelt es sich um Menschen mit ganz unterschiedlichen Arten von Behinderungen, die grob in körperliche, geistige und psychische Behinderungen unterteilt werden können. Was alle Gruppen miteinander verbindet, ist ihre in vielen Bereichen von ihrer Behinderung dauerhaft bzw. über einen längeren Zeitraum beeinträchtigte Lebensweise, die sie von Unterstützung abhängig macht.

Die Österreichische Bundesregierung erarbeitet alle fünf Jahre einen umfassenden Bericht über die Lage von Menschen mit Behinderung in Österreich, zuletzt 2008. Demzufolge gelten 476.000 Personen, also 6,7 Prozent der Bevölkerung, als bewegungsbeeinträchtigt, 24.000 davon sitzen im Rollstuhl [BMAS08].

Viele Menschen mit Behinderung schaffen es, ihren Alltag unterstützt von persönlichen Assistenzdiensten (Essen auf Rädern, Heimhilfe, Fahrtendienst, Besuchsdienste) weitestgehend selbstständig zu bewerkstelligen.

Aber auch technische Hilfsmittel sind für die Bewältigung des alltäglichen Lebens unabdingbare Begleiter. Den Betroffenen steht eine Vielzahl an Produkten und Lösungen zur Verfügung, z.B. Treppen- und Hebelifte, elektrisch verstellbare Betten und Sitzmöbel, automatische Tür- und Fensteröffner, elektrische Rollstühle und diverse Fahrgeräte, Notrufsysteme, Kommunikationshilfen usw.

In diesem Zusammenhang gewinnt die Ausrüstung von Häusern und Wohnungen mit technischen Assistenzsystemen zunehmend an Bedeutung. In den Bereichen Haushalt, Gesundheit und Sicherheit wird intensiv an kostengünstigen und effektiven Lösungen geforscht. Dies geschieht vor allem im Hinblick auf die demographische Entwicklung der Gesellschaft und richtet sich primär an die Bedürfnisse von älteren Menschen. Der

Bogen reicht von Komfortanwendungen (z.B. Beleuchtungssteuerung) über Sicherheitsdienste (z.B. Notrufsysteme) hin zu Erinnerungsfunktionen (z.B. Medikamenteneinnahme), die in eine intelligente Wohnumgebung integriert werden sollen. Ziel ist, das alltägliche Leben älterer Menschen situationsabhängig und unaufdringlich zu unterstützen.

Vieles davon ist übertragbar auf die Bedürfnisse von chronisch kranken bzw. körperlich beeinträchtigten Menschen. Allerdings steigen mit dem Grad der Behinderung die Anforderungen, die wiederum nach speziellen Lösungen verlangen. Für Menschen mit motorischen Defiziten ist beispielsweise die Bedienung einer konventionellen Maus oder Tastatur nicht immer möglich. Am Markt existieren Lösungen wie ein Trackball oder Joystick als Musersatz bzw. verschiedenste Formen von Spezialtastaturen [HUMA12a].

Auch im Bereich der Kommunikationshilfen zur Umfeldsteuerung sind spezielle Lösungen gefragt und – wie die Praxis zeigt – auch machbar. Die Firma Humanelektronik beispielsweise hat eine Fernbedienung entwickelt, die auf Augenbewegungen reagiert [HUMA12b]. Auch sprachgesteuerte Fernbedienungen sind marktreif und werden exemplarisch in Kapitel 3 dieser Arbeit vorgestellt.

Das Technologiefeld Spracherkennung birgt ein enormes Potential und findet immer mehr Anwendung. Man denke nur an Apples Smartphone-Software „SIRI“<sup>1</sup> (Speech Interpretation and Recognition Interface). Diese Software soll durch Spracherkennung und -verarbeitung die Funktion eines persönlichen Assistenten erfüllen. Das fortschrittliche an Siri ist der Versuch, durch die Verknüpfung von verschiedenen Diensten (z.B. Standortbestimmung), natürlich gesprochene Sprache zu erkennen und sinnerfassend zu interpretieren. Die Frage „Brauche ich einen Schirm“ liefert als Ergebnis den Wetterbericht bezogen auf den aktuellen Aufenthaltsort [APPL12].

Für Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen bietet sich ein Einsatz von Spracherkennung im privaten Wohnumfeld an, indem mit Sprachbefehlen diverse elektrische Anlagen einer Wohnung bedient werden können. Betroffene berichten, dass bei der selbstständigen Bewältigung des Alltags der Faktor Zeit oft eine große Rolle spielt. Dinge die sonst nebenbei ohne Aufwand passieren, werden aufgrund körperlicher Beeinträchtigungen zeitaufwendig und umständlich. Wenn z.B. ein Rollstuhlfahrer am Sofa sitzt und auf die Idee kommt, kurz das Fenster zu öffnen, muss er sich erst in den Rollstuhl begeben, damit zum Fenster fahren und dann mehrmals hin- und hermanövrieren, bis der Fensterflügel tatsächlich geöffnet ist. Betroffene, die sich nur mit Unterstützung von Gehilfen (Krücken, Rollator) fortbewegen können, berichten dass alle Tätigkeiten, wo man die Hände frei braucht, umständlich werden, z.B. das Öffnen einer Jalousie oder das Bedienen eines Schalters. Hier könnte eine Bedienmöglichkeit über Sprachbefehle eine große Unterstützung darstellen, damit Routinetätigkeiten auch mit

---

<sup>1</sup>SIRI - Spracherkennungssoftware der Firma Apple für iPhone 4S

körperlichen Behinderungen einfach ausführbar sind.

Die vorliegende Arbeit geht der Frage nach, wie der Einsatz von Spracherkennung zur Umfeldsteuerung Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen Unterstützung bei der Bewältigung des Alltags bieten kann. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, wie eine sprachgesteuerte Fernbedienung aufgebaut sein muss, um diese Anforderungen zu erfüllen.

## 1.1 Ziel der Arbeit

Die vorliegende Diplomarbeit untersucht den Aufbau einer sprachgesteuerten Fernbedienung. Ziel ist die Entwicklung einer Fernbedienung, die es ermöglicht, ausgewählte elektrische Anlagen einer Wohnung per Sprache zu steuern. Die Untersuchung erfolgt vor dem Hintergrund, körperbehinderten Menschen die selbstständige Bewältigung des Alltags im Wohnumfeld zu erleichtern, indem elektrische Anlagen und Geräte einer Wohnung, wie z.B. Licht, Jalousien, Fenster, Gegensprechanlage usw. per Sprachbefehl bedient werden können.

## 1.2 Kapitelgliederung der Arbeit

Die Einleitung bildet das erste Kapitel der Arbeit. Hier wird an das Thema herangeführt und die Motivation für die Wahl dieses Themas beschrieben. Der Autor umreißt die Problemstellung und formuliert das Ziel der vorliegenden Arbeit. Die Einleitung schließt mit einer Vorstellung der Kapitelgliederung ab.

Das zweite Kapitel stellt den Anwendungshintergrund dar. Zunächst erfolgt ein Einblick in intelligente Wohnumgebungen und in technische Assistenzsysteme, die speziell für die Anforderungen von Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen entwickelt wurden. Danach illustriert der Autor anhand einer Skizze ein mögliches Anwendungsszenario für den Einsatz einer sprachgesteuerten Fernbedienung.

Das dritte Kapitel widmet sich dem Stand der Technik. Zunächst wird auf die Grundlagen der Spracherkennung eingegangen. Die speziellen Erfordernisse dieser Technologie, die wichtigsten Verfahren sowie der Stand der Entwicklungen und aktuelle Anwendungsbereiche werden präsentiert. Im Anschluss folgt eine kurze Übersicht über verfügbare Spracherkennungslösungen.

Danach werden die für die vorliegende Arbeit relevanten Funkübertragungstechnologien dargestellt und ihre wichtigsten Merkmale, ihre Vor- und Nachteile sowie ihre jeweiligen Einsatzschwerpunkte skizziert.

Der nächste Abschnitt des dritten Kapitels gibt einen Überblick über bereits existierende



Lösungen. Es wird untersucht, wie gewerbliche Anbieter den Einsatz von Sprachsteuerung für mehr Selbstständigkeit im Alltag realisieren. Weiters wird auch auf vorhandene Diplomarbeiten, die ähnliche Problemstellungen untersucht haben, Bezug genommen. Der Autor unterzieht die vorhandenen Lösungen einer kritischen Bewertung und analysiert die Vor- und Nachteile im Hinblick auf die in Kapitel 4 zu definierenden Anforderungen.

Im vierten Kapitel erfolgt die Präzisierung der Aufgabenstellung. Der Autor beleuchtet zunächst anhand von zwei Fallbeispielen, wie eine sprachgesteuerte Fernbedienung Hilfestellung im konkreten Fall bieten kann. Nach Methoden des Requirements Engineerings<sup>2</sup> erstellt er ein Anwendungsfalldiagramm und beschreibt mögliche Anwendungsfälle. Aus diesen Anwendungsbeispielen leitet der Autor die Anforderungen an die sprachgesteuerte Fernbedienung ab. Zum Abschluss des vierten Kapitels erfolgt die Definition der Anforderungen im Detail.

Ausgehend von den Erkenntnissen aus Kapitel 3 und basierend auf den in Kapitel 4 festgelegten Anforderungen entwirft der Autor im fünften Kapitel eine eigene Lösung. Er skizziert das Systemkonzept, stellt in einem logischen Entwurf die Funktionen dar und trifft grundlegende Entscheidungen über die verwendeten Technologien.

Im sechsten Kapitel erfolgt die Realisierung. Es werden die für eine Umsetzung erforderlichen Komponenten ermittelt und ihr Zusammenspiel anhand eines Blockschaltbildes dargestellt. Danach entwirft der Autor die Schaltung und fertigt einen Prototyp. Durch die Konkretisierung des Entwurfs soll eine realistische Bewertung ermöglicht werden.

Das letzte Kapitel fasst die Ergebnisse zusammen. Erfüllt die vorgestellte Lösung die anfangs definierte Aufgabenstellung? Wo liegen die Einsatzschwerpunkte der vorgestellten Lösung? Welche Vor- bzw. Nachteile bietet sie gegenüber anderen Lösungen? Mit einem Ausblick beschließt der Autor die Arbeit.

---

<sup>2</sup>Requirements Engineering - Anforderungserhebung

## 2 Anwendungshintergrund

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über das Einsatzumfeld. Am Beginn steht ein Einblick in den aktuellen Entwicklungsstand von intelligenten Wohnumgebungen und in den Themenbereich „Ambient Assisted Living“. Danach präsentiert der Autor anhand einer Skizze ein mögliches Anwendungsszenario für den Einsatz einer sprachgesteuerten Fernbedienung.

### 2.1 Intelligente Wohnumgebungen und technische Assistenzsysteme

#### 2.1.1 Intelligent Wohnen mit dem Smart Home

Seit Mitte der Neunziger wird das Smart Home propagiert. Der Journalist und Technologie-Experte Gerald Reischl war einer der ersten, der sich den Traum vom Hightech-Haus erfüllte. "Die Lösungen waren noch teuer und auch die Möglichkeiten beschränkt. Jetzt macht es dank Web, Tablets und Apps<sup>3</sup> wirklich Sinn, sein Eigenheim mit Intelligenz auszustatten" konstatiert er deutliche Fortschritte [REIS11].

Die Vielzahl der Anbieter spiegelt das Interesse wieder. Smart Home Lösungen für Wohnungen und Häuser zur Steuerung von Licht, Jalousien, Multimedia, Heizung, Klima usw. versprechen mehr Komfort, Energieeffizienz und Sicherheit.

Intelligente Haustechnik basiert in fast allen Fällen auf einer Bustechnologie. State of the art ist ein Bussystem, das sämtliche Haustechnikgewerke verknüpft und auf einer einheitlichen Oberfläche, z.B. einem Touchpanel, zusammenführt. Der Zugriff auf das System erfolgt verkabelt oder per WLAN<sup>4</sup> (Wireless Local Area Net).

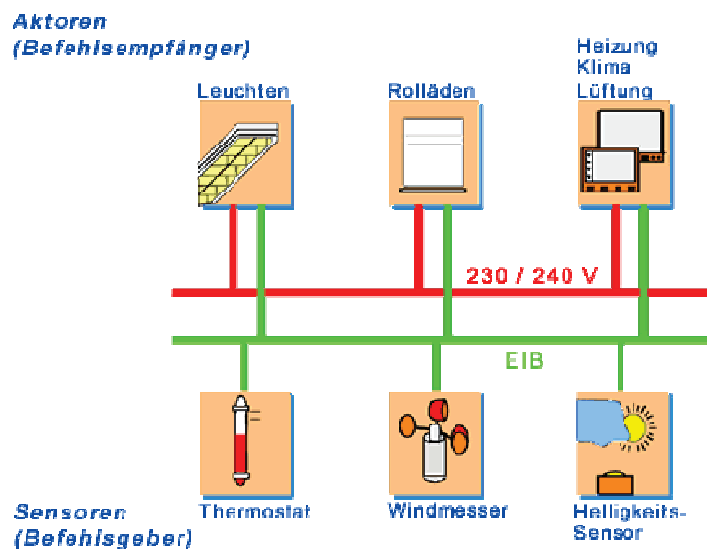
Dies schafft primär viele Annehmlichkeiten. Mit einem Tastendruck lassen sich kleine Routinetätigkeiten komfortabel erledigen. Nach einem langen Arbeitstag kann man vom Ruhesessel aus TV und Hifi bedienen, die Lichtverhältnisse anpassen, die Jalousien herunterfahren, die Heizung regeln usw. Smart Home Lösungen bieten auch Zugriff über das Mobiltelefon, sodass beispielsweise aus der Ferne geprüft werden kann, ob die Alarmanlage eingeschaltet ist bzw. kann bereits vor der geplanten Heimkehr die Heizung per SMS oder via App aktiviert werden.

---

<sup>3</sup>APP – englische Kurzform für application, hat sich im allgemeinen Sprachgebrauch speziell für Anwendungen für Smartphones und Tablet-Computer eingebürgert

<sup>4</sup>WLAN – Lokales Funknetz nach Standard IEEE-802.11

Die folgende Abbildung zeigt einen exemplarischen Aufbau eines Haus-Bussystems:



**Abbildung 1: Smart Home Bussystem [BrCC12]**

Die „Intelligenz“ entsteht durch die Vernetzung der Haustechnikgewerke untereinander. Die Elektrotechananlage „spricht“ mit der Heizungsanlage. Wird beispielsweise ein Fenster geöffnet, so wird automatisch die Heizung zurückgefahren.

Das Schaffen von Abhängigkeiten kann vielfältig genutzt werden. Um im Sommer ein Aufheizen der Räume zu verhindern, reagieren die Jalousien auf die Außentemperatur und fahren automatisch herunter. Daraufhin wiederum deaktiviert sich die Klimaanlage, usw. Derartige Funktionalitäten leisten einen wichtigen Beitrag zum Energiesparen.

Für Martin Karall, Geschäftsführer der Karall & Matausch GmbH, einem Wiener Unternehmen für Antennenanlagen, Sicherheitstechnik und Multimedia, bietet eine intelligente Wohnung mehr Komfort und Sicherheit. Er schätzt den derzeitigen Durchdringungsgrad von intelligenter Haustechnik im österreichischen Immobilienmarkt auf 5-10% im Privatbereich und auf 20-30% bei Büro- und Gewerbeimmobiliensektor [KARA12].

Von einem Standard im Hausbau sind diese Zahlen noch weit entfernt, was primär auf den Kostenfaktor zurückzuführen ist. Karall beziffert die Kosten für eine intelligente Haustechnik in Form einer Bustechnologie auf 150 bis 170 Euro/m<sup>2</sup>. Demgegenüber stehen Kosten von 70 bis 100 Euro/m<sup>2</sup> für eine herkömmliche Elektrotechnik-Installation.

**Tabelle 1: Kostenvergleich herkömmliche und intelligente Haustechnik im Neubau**

Neubau	Kosten (Euro pro Quadratmeter)
herkömmliche Haustechnik	70-100
intelligente Haustechnik	150-170

Aber die Entwicklung in der Gebäudeautomation schreitet rasant voran. Das Mühlviertler Unternehmen Loxone will die Feldbussysteme EIB (Europäischer Installationsbus) und KNX(Konnex) als Standard ablösen. Das Loxone-System basiert auf einem Miniserver, der im Schaltkasten installiert ist und die Netzwerkverkabelung sternförmig verteilt. Über den Miniserver kann von der Jalousie über das Licht bis zur Heizung alles gesteuert werden, was an das LAN (Local Area Network) angebunden ist. Die Bedienung erfolgt mit einem gewöhnlichen Smartphone über eine kostenlose App (Application). Definiertes Ziel des Unternehmens ist es, Steuerungslösungen auch im privaten Bereich leistbar und zugänglich zu machen [LOXO12].

### 2.1.2 „Ambient Assisted Living“

An der kostengünstigen und effizienten Ausrüstung von Häusern und Wohnungen mit intelligenten Assistenzsystemen wird unter anderem auch in Hinblick auf die demografische Entwicklung der Bevölkerung intensiv geforscht.

AAL – Ambient Assisted Living – zu deutsch umgebungsunterstütztes Leben – steht für technische Assistenzsysteme, die eine behinderten- und altersgerechte Wohn- und Lebensumgebung schaffen.

Darunter werden verschiedenste Dienste und Lösungen aus den Bereichen Gesundheit, Haushalt und Sicherheit subsumiert: Vitalwerteerfassung, mobile Endgeräte zur Steuerung der Haustechnik, Notrufsysteme, Einbruchs- und Brandmeldung, Leckagemeldung (Gas, Wasser), automatische Abschaltung des Herdes bei Abwesenheit, usw.

Ein wichtiger Faktor ist die Einbeziehung von Angehörigen, Pflegediensten und medizinischem Personal durch erweiterte Kommunikationsmöglichkeiten.



Abbildung 2: „Ambient Assisted Living“ [BMBF12]

Die Assistenzsysteme sollen den Benutzer in ihren alltäglichen Handlungen nahezu unmerklich aber wirkungsvoll unterstützen und ihnen Kontroll- und Steuerleistungen abnehmen.

Durch die technische Assistenz soll der Benutzer befähigt werden, altersbedingte oder

körperliche Einschränkungen weitgehend zu kompensieren [BMBF12].

Für die Innovationspartnerschaft AAL des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung „besteht eine zentrale Herausforderung darin, das Zusammenspiel unterschiedlicher informations- und kommunikationstechnischer Komponenten und Geräte und deren Integration in ein Gesamtsystem zu gewährleisten“ [BMBF09, S. 49]. Der Verband arbeitet deshalb an der Entwicklung von spezifischen Normen und Standards. Für den Bereich Haushalt schlägt er die Einführung eines „AAL-Passes“ vor. Dieser soll die AAL-Tauglichkeit einer Wohnung belegen, zum Beispiel die Verfügbarkeit breitbandiger Internetzugänge und Installationsmöglichkeiten für Assistenzsysteme.

Eine Salzburger Institution, die 43 betreute Wohnungen für Senioren und Menschen mit Behinderung betreibt, hat sämtliche Wohnungen mit intelligenter Technik ausgestattet. Die einzelnen Wohnungen stellen somit eine hohe technische Unterstützung bereit, um die selbstständige Nutzung durch den eingeschränkt mobilen Bewohner zu ermöglichen. Gesteuert wird jeweils über drei Tablet-PCs. Einer davon ist fix bei der Eingangstür montiert, die anderen zwei Bedienpanels sind tragbar. Des weiteren ist ein hohes Maß an Automation realisiert, die es ermöglicht, eine Vielzahl von Funktionen ereignisabhängig auszuführen, z.B. Lichtsteuerung mit Bewegungsmeldern. Die Funktionen zielen darauf ab, den Bewohnern das Leben einfacher und sicherer zu machen. Dazu zählen neben typischen Smart Home Steuerfunktionen auch Warn- und Erinnerungsfunktionen sowie integrierte Notrufmöglichkeiten [KAIN12]. Als kommerzielle Anwendung in dieser Größenordnung nimmt das Projekt derzeit eine Vorreiterrolle ein. Bedenken hinsichtlich der Akzeptanz des komplexen Systems haben sich nicht bestätigt, ganz im Gegenteil, die Resonanz der Nutzer fällt sehr positiv aus.

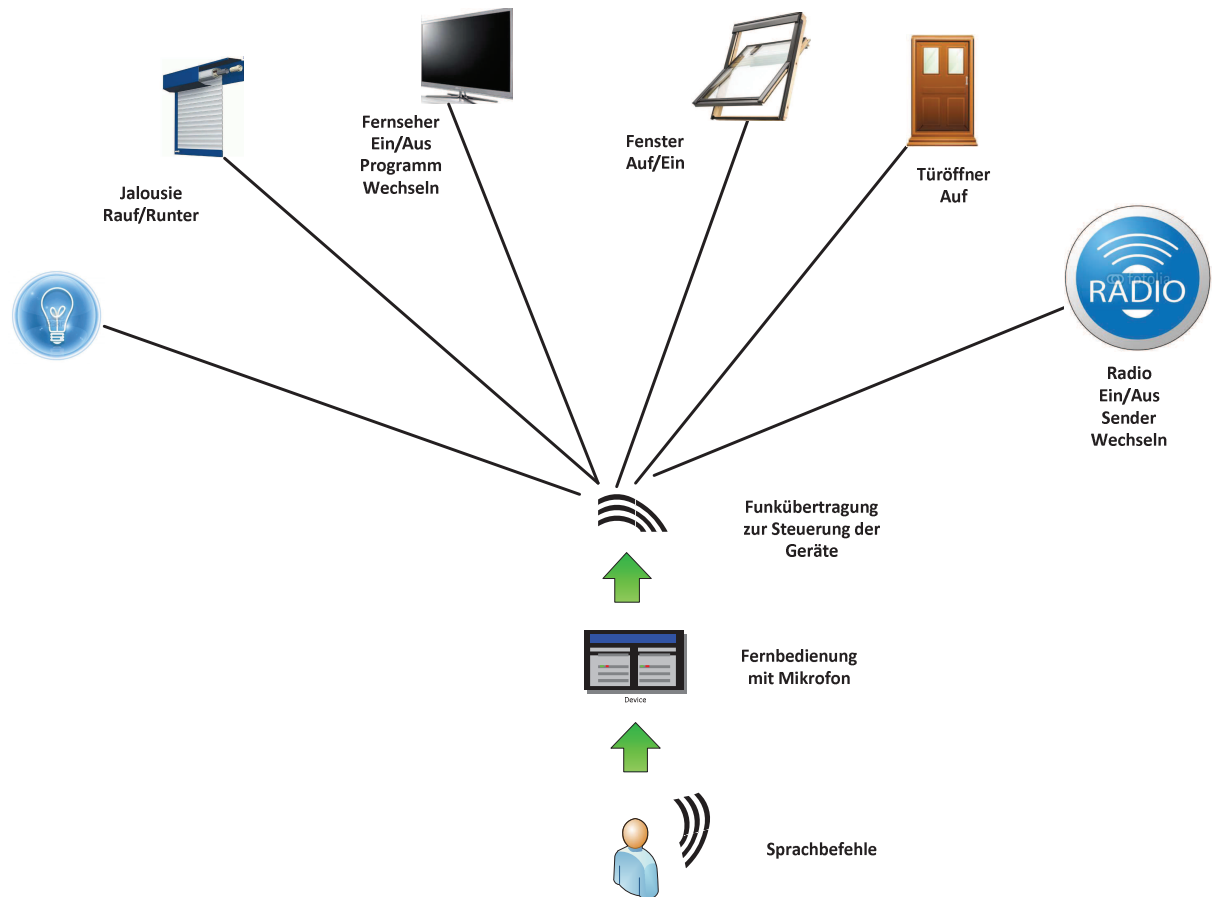
Für die Spracherkennungstechnologie tut sich vor diesem Hintergrund ein enormes Potential auf. Ein Beispiel dafür soll im kommenden Kapitel anhand eines Anwendungsszenarios vorgestellt werden.

## 2.2 Einsatzszenario Sprachsteuerung

Im folgenden Abschnitt wird anhand einer Skizze ein mögliches Anwendungsszenario für den Einsatz einer sprachgesteuerten Fernbedienung dargestellt.

In der intelligenten Haustechnik wird stark auf Touchpanels als Eingabegerät gesetzt. Diese erlauben eine übersichtliche Darstellung von komplexen Funktionen. Grafische Darstellungen, Verzeichnisbäume, Buttons und Schieberegler unterstützen eine einfache und intuitive Bedienung. Das Aussehen der Oberfläche kann auf Smartphones übertragen werden. Weiters können Touchpanels sowohl fix montiert als auch mobil verwendet werden und erlauben somit einen flexiblen Einsatz.

Für Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen kann die Eingabe über Tastendruck ein Problem darstellen. Für diese Menschen eröffnet sich durch den Einsatz von Spracherkennung eine Möglichkeit zur Steuerung des häuslichen Umfelds. Die folgende Abbildung skizziert die Anwendungsidee.



**Abbildung 3: Anwendungsidee sprachgesteuerte Fernbedienung**

Der Benutzer kann per Sprachbefehl die mit Funkempfänger ausgestatteten Geräte wie Lichtschalter, Jalousien, Türen, Fernseher und vieles mehr bedienen. Das mobile Bedienelement hat die Form einer klassischen Fernbedienung. Die Reichweite erstreckt sich über den gesamten Wohnbereich.

Bevor mit der Diskussion der Anforderungen an eine eigene Lösung begonnen wird, erarbeitet der Autor noch Grundlagen zur Spracherkennung und Funkübertragung. Außerdem wirft er einen Blick auf vorhandene Lösungen und analysiert diese hinsichtlich der eigenen Zielsetzung.



## 3 Stand der Technik

Am Beginn dieses Kapitels steht eine kurze Einführung in die Grundlagen der Spracherkennungstechnologie und eine Übersicht über verfügbare Spracherkennungslösungen.

Der nächste Abschnitt widmet sich der Funkübertragung. Es werden relevante Funkübertragungstechnologien hinsichtlich ihrer wichtigsten Merkmale und ihrer jeweiligen Einsatzschwerpunkte dargestellt.

Danach untersucht der Autor bereits existierende Lösungen. Er stellt zunächst zwei Lösungen gewerblicher Anbieter vor und unterzieht sie einer kritischen Bewertung. Danach nimmt er Bezug auf vorhandene Diplomarbeiten, die ähnliche Problemstellungen untersucht haben und analysiert die Vor- und Nachteile im Hinblick auf den Entwurf einer eigenen Lösung.

### 3.1 Grundlagen zur Spracherkennung

Die Spracherkennung ist seit den sechziger Jahren Gegenstand intensiver Forschung und hat mit der Realisierung von sprecherabhängiger Einzelworterkennung begonnen. Die Geschichte der Spracherkennung war geprägt von überzogenen und verfrühten Erwartungen. Anfang der Neunziger Jahre stand man dem Thema ziemlich ernüchtert gegenüber. „Sollen Maschinen gesprochene Sprache erkennen und interpretieren erfordert die Simulation der Verarbeitungsleistung des menschlichen Gehirns während einer normalen entspannten Unterhaltung ein hohes Maß an künstlicher Intelligenz und reiches linguistisches Wissen“ [HOLM91, S. 26].

Die Prozesse der menschlichen Sprachwahrnehmung sind äußerst komplex. Die größte Schwierigkeit bei der Spracherkennung liegt in der enormen Variationsbreite der gesprochenen Sprache. Man denke nur an die unzähligen Dialekte oder an die Bandbreite der individuellen Aussprache gleicher Wörter. Jeder Mensch intoniert anders, selbst ein und dieselbe Person variiert in ihrer Aussprache mitunter erheblich.

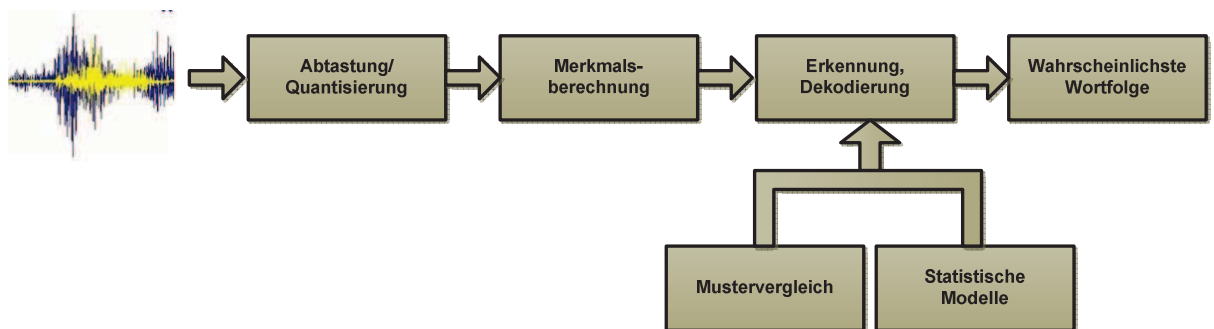
Eine eindeutige Klassifizierung mit messtechnischen Parametern ist nach wie vor schwierig. Die menschliche Stimme weist zwar signifikante akustische Parameter auf, aber die große Variabilität und Beeinflussbarkeit erschweren die Messfähigkeit [KETZ07].

Doch analog mit der Entwicklung leistungsfähiger Computer wurden in den letzten 20 Jahren erfolgversprechende Methoden entwickelt, besonders in den vergangenen fünf Jahren sind entscheidende Entwicklungen passiert und spiegeln sich in den vielfältigen Anwendungsbereichen wieder (vgl. Kapitel 3.1.3).



### 3.1.1 Prinzip der Spracherkennung

Die folgende Abbildung zeigt die Abfolge bei der automatischen Spracherkennung.



**Abbildung 4: Abfolge bei der automatischen Spracherkennung**

Am Beginn steht das gesprochene Wort bzw. eine Wortfolge in Form eines analogen Sprachsignals. Daraus wird durch Abtastung und Quantisierung eine diskrete Wertefolge erzeugt. Mittels mathematischer Methoden (Kurzzeitanalyse, Spektrogramm) werden Merkmale berechnet. Das Ergebnis ist eine Folge von Merkmalsvektoren.

Im Erkennungsvorgang werden diese dekodiert, um aus der Folge der Merkmalsvektoren die ursprüngliche Wortfolge zu rekonstruieren. Dabei gibt es zwei Methoden:

#### 3.1.1.1 Spracherkennung durch Mustervergleich

In einer sog. „Trainingsphase“ werden die zu erkennenden Wörter vorgesprochen und gespeichert.

Beim Erkennungsvorgang werden die Äußerungen des Benutzers mit den gespeicherten Mustern der Sprechproben verglichen. Da ein Wort nie zweimal exakt gleich ausgesprochen wird, ist die Übereinstimmung mit dem gespeicherten Muster nie 100%. Es muss daher ein Maß für die Ähnlichkeit festgelegt werden, z.B. die Euklidische Distanz der einzelnen Merkmale [HAED02].

Erschwerend für die Erkennung ist die Aussprachegeschwindigkeit, da die zeitliche Länge eines Wortes variiert.

#### 3.1.1.2 Spracherkennung durch Stochastische Methoden

Statistische Methoden kommen bei Wortfolgen zum Einsatz und basieren auf der Berechnung der größten Wahrscheinlichkeit. Aus allen möglichen Wortfolgen wird diejenige mit der größten Wahrscheinlichkeit für eine gegebene Merkmalsfolge gesucht.

Bei der Suche wird auf zwei Wissensquellen zurückgegriffen: Das akustische und das linguistische Modell.

Das akustische Modell liefert die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte akustische Realisierung eines Wortes [HAED02]. Die Berechnung der Wahrscheinlichkeit, aus welchen Phonemen (Lauten) ein Wort gebildet wurde, erfolgt unter Verwendung von Hidden-Markov-Modellen. Jeder Laut (die deutsche Sprache unterscheidet ca. 40 Laute) wird durch ein Hidden-Markov-Modell repräsentiert. Der Einsatz von Hidden-Markov-Modellen ist in der Spracherkennung weit verbreitet, da zeitliche Strukturen (schnelle vs. langsame Sprecher) gut modellierbar sind [PETR07].

Das linguistische Modell basiert auf der statistischen Bewertung von bestimmten Wortkombinationen (Trigrammstatistik). Zur Ermittlung der größten Wahrscheinlichkeit wird ein Suchalgorithmus verwendet, der alle möglichen Wortfolgen hinsichtlich dieser beiden Wahrscheinlichkeiten bewertet. Der statistische Ansatz ist dementsprechend rechenzeitintensiv.

### 3.1.2 Unterteilung von Spracherkennungssystemen

Spracherkennungssysteme werden in der Literatur u.a. nach folgenden zwei Merkmalen unterteilt [HAED02]:

Nach der Sprecherabhängigkeit

- Sprecherabhängig: System erkennt einen Sprecher
- Sprecherunabhängig: System erkennt beliebige Sprecher

Nach der Form der Äußerung

- Einzelwörter: System erkennt isoliert gesprochene Befehle
- kontinuierliche Sprache: System erkennt natürlich gesprochene Phrasen und Sätze

### 3.1.3 Spracherkennung - Stand der Technik

- Es gibt kommerzielle Systeme für die Erkennung isoliert gesprochener Wörter. Diese erkennen 10 bis wenige 100 Wörter und funktionieren sprecherabhängig (nach kurzer „Trainingsphase“) oder sprecherunabhängig.
- Es gibt kommerzielle Spracherkennungssoftware, für die Umwandlung von Sprache in Text. Aktuelle Programme erkennen bis zu 64.000 Wörter und beherrschen kontinuierliche Spracherkennung.
- Es gibt erste Systeme, die kontinuierlich gesprochene Sprache *verstehen* und eine sinnvolle Reaktion geben.

- Es gelten einschneidende Beschränkungen hinsichtlich Wortschatz, Syntax<sup>5</sup> und Dialekt [SCHU06]

Wie eingangs bereits erwähnt kommt die Spracherkennungstechnologie in verschiedensten Anwendungsbereichen zum Einsatz. Dazu zählen klassische Gebiete wie Textverfassung per Sprache oder telefonische Sprachdialogsysteme (IVR- Interactive-Voice-Response -Technologie).

Ein anderes Einsatzgebiet sind Steuerungsaufgaben per Sprache, z.B. in der Hausautomation (vgl. Kap. 2.1) oder in der KFZ-Technik. Die Bedienung des Navigationsgeräts oder der Freisprecheinrichtung per Sprache hat mittlerweile eine große Verbreitung gefunden.

Bahnbrechend ist der Einsatz der Spracherkennung in Mobiltelefonen und Smartphones. Wie bereits in der Einleitung (Kap.1) erwähnt, können die Systeme in Ansätzen Eingabe von kontinuierlich gesprochener Sprache „verstehen“. Sie liefern auf Suchabfragen sinnvolle – sprich kontextbezogene – Antworten.

## 3.2 Verfügbare Spracherkennungslösungen

Die automatische Erkennung von gesprochenen Kommandowörtern zur Steuerung elektronischer Geräte erfordert viel Know-how im Bereich der Sprachanalyse und entsprechende Rechenleistung. Diese stellen verschiedene Hersteller heute durch hochintegrierte Spracherkennungsbausteine zur Verfügung. Diese ICs<sup>6</sup> enthalten frei programmierbare Mikrocontroller mit der zugehörigen Signalverarbeitungs-Hardware in einem Chip, sodass nur noch wenig externe Beschaltung erforderlich ist.

Auch in der vorliegenden Arbeit soll die Spracherkennung über einen fertigen Spracherkennungsbaustein realisiert werden. Im Folgenden daher eine Übersicht über verfügbare Spracherkennungslösungen für Befehls- und Steueranwendungen.

### 3.2.1 vicCONTROL DSP 3.0

Das vicCONTROL DSP 3.0 ist eine Hardware-Sprachsteuerung der deutschen Firma „voiceINTERconnect GmbH“. Diese bietet Produkte und Dienstleistungen auf dem Gebiet der integrierten Audio- und Sprachsignalverarbeitung, Signalerkennung sowie entsprechende Hardwarelösungen. Ein Forschungsschwerpunkt sind multimodale und interaktive Bedienkonzepte (z.B. Sprachbedienung, Bilderkennung) für technische Geräte. Das Sprachsteuerungsmodul vicCONTROL DSP ermöglicht die Steuerung von Geräten, Maschinen oder Anlagen per Sprache. Es lässt sich mit geringem Anpassungsaufwand in

---

<sup>5</sup> Syntax –Lehre vom Satzbau

<sup>6</sup>IC – englisch integrated circuit, auch integrierte Schaltung, Mikrochip

bestehende Systeme der Heim- und Gebäudeautomation integrieren. Es eignet sich auch für Prototypen oder kleine Stückzahlen. Die Lösung besteht aus einem Evaluationboard (EMVCR 3.0) mit diversen Anschlüssen, einer Prozessorplatine (vicCORE 3.0 mit bereits installierter Firmware) und einem PC-Programm für Windows.

Das Steuerungsmodul vicCORE ist über Steckverbinder auf das Board aufgesetzt. Es enthält den Blackfin<sup>7</sup>-Prozessor BF534 von Analog Devices. Weitere Komponenten zur Signalverarbeitung sind ein 16 MByte Flash-Speicher sowie ein 32 MByte SDRAM. Die Spracherkennung erfolgt sprecherunabhängig und zeichnet sich durch eine hohe Robustheit auch bei Störgeräuschen aus [VOIC12a].

Für die Spracherkennung und –ausgabe stellt das Board unterschiedliche Audio-Ein- und Ausgänge (Cinch-Buchsen sowie 3,5mm Klinkenbuchsen) zur Verfügung. Zum Schalten von Aktoren bietet es 4 Relais mit einer Kontaktbelastbarkeit von 60V bei 1A. Zusätzlich stellt das Modul digitale Ein- und Ausgänge über Schneidklemmen bereit. Weitere Bestandteile des Hardware-Demonstrators sind Bedientaster und LEDs. Zur Kommunikation mit anderen Geräten bzw. zur Datenübertragung stehen eine RS232-Schnittstelle sowie ein Mini-USB-Port bereit. Die Spannungsversorgung beträgt 12-24V, die Stromaufnahme liegt bei 12 V bei ca. 200mA. Die Stromversorgung erfolgt mit externem Netzteil. Die Abmessungen betragen 16 mal 10 cm. Der Preis für das vicControl DSP liegt bei 349.- Euro [VOIC12b]. Die Modellierung der Steuerungsabläufe erfolgt mit dem PC-Programm. Hier werden die Sprachbefehle und Aktionen (Schalten von Relais oder digitalen Ausgängen, Soundausgaben,...) konfiguriert und auf die Steuerungsplatine geladen.

### 3.2.2 Lösungen von Sensory

Das kalifornische Unternehmen ist der weltweit führende Hersteller für Embedded Solutions im Bereich der Spracherkennung, Sprachverarbeitung und Sprachwiedergabe. Sensory hat bereits mehrere Generationen von Spracherkennungs-ICs auf den Markt gebracht. Diese kommen in zahlreichen Produkten verschiedenster Produzenten zum Einsatz, z.B. im Funk-Haussteuerungssystem des Herstellers und Entwicklers ELV. Die Firma bietet ICs samt Entwicklungstools sowie komplett programmierte Module an. Im Folgenden ein kurzer Überblick.

#### 3.2.2.1 Sensory - Voice Direct 364

Kernstück des Spracherkennungsmoduls VD 364 ist der Spracherkennungs-Chip RSC364, ein 8-bit-Mikrocontroller mit integriertem A/D-Wandler, Mikrofon-Vorverstärker, ROM und RAM on Chip. Das Modul ist fertig programmiert und ermöglicht sprecherabhängige Erkennung von Einzelwörtern. Es kann wahlweise als Stand-Alone-Anwendung oder zur Anbindung an einen externen Mikrocontroller konfiguriert werden.

---

<sup>7</sup>Blackfin-Mikrocontroller – Kombination aus 32-Bit-RISC-Prozessor und 16-Bit-Festkomma-DSP

Wenn das System nicht durch eine Tastenbetätigung aktiviert werden soll, besteht die Möglichkeit, ständig nach einem bestimmten Schlüsselwort zu hören (continuous listening). Mit geringer externer Beschaltung (Mikrofon, Lautsprecher, Spannungsversorgung, Widerstände und Kapazitäten) hat man ein komplettes Spracherkennungssystem [SENS00].

#### 3.2.2.2 *Sensory - Voice Extreme*

Unter der Bezeichnung Voice Extreme stellt Sensory ein weiteres, umfangreiches Toolkit zur Verfügung. Das Spracherkennungsmodul ist auf eine Experimentierplatine aufgesetzt, die über diverse Anschlussmöglichkeiten verfügt, u.a. eine Schnittstelle zum Anschluss an einen PC. Damit können in einer Windows-Entwicklungsumgebung eigene sprachgesteuerte Anwendungen erstellt und auf das Modul (Off-chip Flash-Speicher) geladen werden. Ein Programmpaket mit Editor, C-Compiler usw. ist inkludiert [SENS01].

#### 3.2.2.3 *Sensory - RSC-4x Demo/Evaluation Toolkit*

Diese Lösung basiert auf der RSC 4x-Serie, der nächsten 8-bit-Mikrocontroller Generation aus dem Hause Sensory. Diese ist auf Geschwindigkeit optimiert und speziell für preissensible Applikationen in der Konsumelektronik entwickelt. Er vereint die gesamte Bandbreite von Sprach- und Audiofunktionalitäten (Spracherkennung, Sprecherverifikation, Sprach- und Musiksynthese). Mit seiner sprecherunabhängigen Spracherkennung (bis zu 25 Worte im internen Speicher) und seiner qualitativ hochwertigen Sprachausgabe setzt die RSC 4x-Serie neue Maßstäbe im Bereich der Embedded Controller.

Das Toolkit enthält ein Entwicklerboard mit dem hochintegrierten RSC-464 oder RSC-4128-Spracherkennungschip. Im Vergleich zum Vorgänger ist der Chip um integrierte Komponenten wie Timer, größeren RAM (4,8 Kbyte), Hardwaremultiplier usw. erweitert worden. Die beiden Versionen unterscheiden sich bezüglich ROM: der RSC 4128 hat einen 128 KByte ROM, der RSC 464 verfügt über 64 KByte ROM (günstiger, für geringen Wortschatz). Die RSC-4x-Serie ist frei programmierbar, die Entwicklungsumgebung und Libraries sind im Toolkit enthalten, zusätzlich ist ein kostenpflichtiger C-Compiler von Phytion<sup>8</sup> erforderlich [SENS07].

### 3.2.3 Veeear – Smart VR Development Kit

Das Development Kit der Marke Veeear enthält das Smart VR Modul, eine Entwicklungsplattform für Applikationen im Bereich der Spracherkennung und -erzeugung. Herz des Moduls ist der RSC-4128 Prozessor von Sensory. Es enthält die Firmware von Smart VR (Virtual Machine). Mit seinen geringen Abmessungen (42 x 72 mm) ist das Modul gut geeignet zur Prototypenherstellung.

---

<sup>8</sup>Phytion – Programmiersprache der Phytion Software Foundation

Das Development Kit für das Smart VR Modul umfasst ein Entwicklerboard mit verschiedenen Möglichkeiten zur Stromversorgung (USB, Batterie, Netzteil), On-Board Mikrofon, On-Board-USB usw. Ebenso inkludiert ist ein umfangreiches Softwarepaket (Entwicklungsumgebung von Smart VR sowie Libraries von Sensory). Das Toolkit ermöglicht relativ einfach und günstig die Entwicklung von Befehls- und Steueranwendungen [TIGA12].

Abschließend noch eine tabellarische Aufstellung der einzelnen Lösungen nach Merkmalen, die für den eigenen Entwurf in Kapitel 5 als Entscheidungsgrundlage relevant sind.

**Tabelle 2: Merkmale verfügbarer Spracherkennungslösungen**

	<b>vicCONTROL</b>	<b>Voice Direct 364</b>	<b>Voice Extreme</b>	<b>RSC-4x Toolkit</b>	<b>Smart VR DK</b>
Sprecherabhängige Erkennung		x	x	x	x
Sprecherunabhängige Erkennung	x		x	x	x
Einzelworterkennung	x	x	x	x	x
Erkennung kontinuierlicher Sprache				x	x
Prozessor	Blackfin534 Analog Devices	RSC364 Sensory	RSC364 Sensory	RSC-4x Sensory	RSC-4x Sensory
Modul	x	x	x		x
Entwicklerboard	x		x	x	x
Programmierung	installierte Firmware, Modellierung über PC- Programm	fertig programmiert, Konfiguration über Pinbelegung	Windows- Entwicklung sumgebung	frei programmier bar, kostenpflichti ger Phyton C-Compiler erforderlich	programmi erbar in C
Preis	349.-	79.-	99.-	225.-	99.-
Eignung für Prototyp	x	x	x	x	x
Eignung für Befehls- Steueranwendunge n	x	x	x	x	x

### 3.3 Funkübertragungstechnologien

Um eine Grundlage für die erforderliche Wahl der Funktechnologie in Kapitel 5 zu bilden, beschreibt der Autor die Merkmale der in Frage kommenden Technologien. Er skizziert ihre Vor- und Nachteile und ihre Einsatzschwerpunkte.

Grundsätzlich kann man Fernbedienungen nach Art des Übertragungsmediums - nämlich Infrarotstrahlung (IR) oder Funkwellen – unterscheiden. IR-Fernbedienungen kommen primär für Haushaltsgeräte und im Bereich der Unterhaltungselektronik zum Einsatz. Bei Infrarot ist eine optische Sicht zum Empfänger notwendig.

Funkfernbedienungen brauchen keine Sichtverbindung zum Empfänger, sind aber unter Umständen störanfällig beim gleichzeitigen Einsatz weiterer Funkanwendungen. Ihr Einsatzgebiet ist breit gefächert, es werden unterschiedliche Frequenzbereiche im ISM-Band<sup>9</sup> benutzt. Beispiele für Nutzungen:

**Tabelle 3: Beispiele für Nutzungen im ISM-Band**

433 MHz	Garagentoröffner, Autoschlüssel, Funksteckdosen, Funkschalter, Babyphone, Funk-Alarmanlagen, Funk-Thermostat, diverse Fernbedienungen, etc.
13,56 MHz	Funketiketten (RFID)
2,4 bzw. 5 GHz	WLAN (IEEE 802.11b/g)
2,4 GHz	Bluetooth (kurze Reichweite, hohe Datenrate), vorwiegend in Smartphones oder PCs

Das SRD-Band (Short Range Devices) 868 MHz wird oft mit einem ISM-Band verwechselt. Dieses ist europaweit exklusiv für Funkkommunikation mit kurzer Reichweite reserviert worden. Es ist noch relativ neu und im Gegensatz zum 433 MHz-Band sind die Vorschriften restriktiver. Einschränkungen gibt es hinsichtlich maximaler Sendeleistung (max. bis zu 10 mW) und hinsichtlich Sendezeiten.

Das Band ist in Subbänder unterteilt, denen bestimmte Nutzungen zugeordnet sind. So werden für Sicherheitsanwendungen, für Daten- oder Sprachübertragung jeweils Subbänder festgelegt. Durch die Kanaltrennung werden Störungen reduziert. Im Vergleich zum 433 MHz ISM-Band ist das SRD-Band 868 MHz noch nicht so belastet durch andere Funkdienste, was sich ebenfalls positiv auf die Störanfälligkeit auswirkt. Typische Anwendungsgebiete sind im Bereich der Haus- und Gebäudeautomation und Funk-Alarmanlagen [KrKr02].

<sup>9</sup> ISM-Band - Industrial, Scientific and Medical Band, freie Frequenzbereiche für Industrie, Wissenschaft, Medizin sowie für den häuslichen Bereich



Der folgende Vergleich stellt die Merkmale von ISM 433 MHz und SRD 868 MHz gegenüber, da diese beiden Technologien für die Fernbedienung in die engere Auswahl kommen.

Bluetooth und WLAN kommen für die vorliegende Arbeit nicht näher in Betracht, da die hohen Datenraten, die diese beiden Technologien auszeichnet, für die Fernbedienung nicht nötig ist.

**Tabelle 4: Vergleich ISM 433 MHz und SRD 868 MHz**

	ISM 433 MHz	SRD 868 MHz
Reichweite Innenbereich	ca. 30m	ca. 30m
Störanfälligkeit	bei gleichzeitiger Verwendung weiterer Funkanwendungen	reduziert durch Kanaltrennung und restriktive Nutzungsbedingungen
Vorteil	günstig in der Herstellung	geringe Stromaufnahme
typischer Einsatzbereich	Garagentoröffner, Autoschlüssel, Gebäudeautomation, etc.	Haus- und Gebäudeautomation, Funk-Alarmanlagen

### 3.4 Sprachsteuerung - Untersuchung gewerblicher Lösungen

Bei Herstellern, die sich auf Gebäudeautomatisation spezialisiert haben, spielt die Spracherkennung noch eine marginale Rolle. Beim Eingabegerät fällt die Wahl primär auf Touchpanels, PCs oder Smartphones. Spracherkennung wird eher nur als optionales Zusatzfeature integriert.

Für gewerbliche Anbieter im Bereich der Spezial- und Rehabilitationselektronik hingegen birgt die Spracherkennungstechnologie ein riesiges Potential. Sie findet Anwendung im Bereich der Rollstuhlsteuerung, Arbeitsplatzausstattung, Kommunikationstechnik und Umfeldsteuerung, usw.

Im Folgenden stellt der Autor ausgewählte Lösungen gewerblicher Anbieter vor, in denen Spracherkennung zur Steuerung des häuslichen Umfelds zum Einsatz kommt.

#### 3.4.1 „...Gesagt, getan!“ – Easy by Voice

Die deutsche Firma „Insors“ hat sich auf die Entwicklung sprachgesteuerter Umfeldkontrolle und anderer Sondersteuerungen für behinderte Menschen spezialisiert. Das System „Easy by Voice“ ist eine sprecherunabhängige Spracherkennung und ermöglicht das Ansteuern von Standardkomponenten im häuslichen Umfeld. „...Gesagt, getan!“ ist der treffende Slogan, mit dem die Insors GmbH das System bewirbt, für das sie 2003 vom Forschungsinstitut Technologie-Behindertenhilfen den Innovationspreis verliehen bekam.



Die folgende Abbildung zeigt das Logo, mit dem „Easy by Voice“ vermarktet wird.

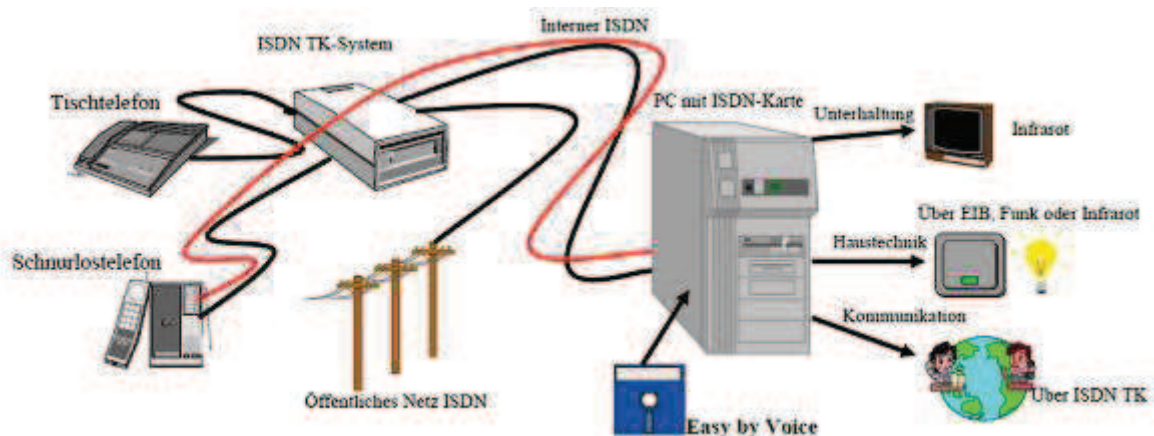


**Abbildung 5: System-Logo Easy by Voice [INSO12]**

„Easy by Voice“, vom Hersteller mit vollem Namen als „Environment Control Access System by Voice“ bezeichnet, bietet im Wesentlichen folgende Funktionen[INSO12]:

1. Steuerung aller Komponenten der elektrischen Installation eines Hauses/Wohnung (Ein- und ausschalten von Lampen, Öffnen und Schließen von Rollläden, Türen öffnen und schließen, Wasserhähne auf- oder zufahren...) ..
2. Steuerung von Geräten der Unterhaltungselektronik (Fernsehgeräte, HiFi-Anlagen und Videorecorder, sofern sie über eine Infrarot-Fernbedienung verfügen. Easy by Voice übernimmt die Rolle der Fernbedienung)
3. Telekommunikation: Eingehende Anrufe mit Sprachkommando annehmen bzw. über die Telefonbuchfunktion ausgehende Anrufe per Sprachbefehl tätigen

Das System „Easy by Voice“ bedient sich der Telefontechnik. Ein normaler Standard-PC mit ISDN-Karte<sup>10</sup> dient als Zentrale. Die folgende Abbildung stellt das Systemkonzept von „Easy by Voice“ schematisch dar:



**Abbildung 6: Schema Easy by Voice [INSO12]**

Über eine Telefonanlage ist ein schnurloses Telefon permanent mit dem Rechner verbunden. Der Einwahlvorgang ist nur einmal am Tag notwendig. Nachts wird das

<sup>10</sup>ISDN-Karte – Steckkarte, die den Systembus des Computers mit dem ISDN (digitalen Telefonnetz) verbindet

Telefon geladen und es kann ein zweiter Apparat am Bett verwendet werden. Alle Befehle, die der Benutzer nun über das Telefon absetzt, werden über die interne ISDN-Leitung dem „Easy by Voice“- Rechner zugeführt und dort verarbeitet. Wird der Sprachbefehl erkannt, erfolgt die Reaktion auf die Eingabe, d.h. die entsprechenden Schaltvorgänge werden ausgelöst. Diese werden je nach Anwendung per Infrarot, Funk oder über ein Bussystem übertragen [HUMA12a].

Zusätzlich ist das System makrofähig. Für wiederkehrende Abläufe können Basisfunktionen zu Szenarien zusammengefasst und ebenfalls über einfache Kommandoworte angesteuert werden. So kann beispielsweise das Sprachkommando „Gute Nacht“ eine Abfolge von Routinetätigkeiten auslösen, wie z.B. Licht aus, Fernseher aus und höhenverstellbares Kopfteil niederfahren.

Als weitere Funktion erlaubt das System Statusabfragen. So kann der Benutzer die aktiven Schaltzustände der Komponenten abfragen.

Als Voraussetzung müssen die Geräte im häuslichen Umfeld angepasst werden. Schalter, Taster und Steckdosen müssen derart umgerüstet werden, dass sie mit drahtloser Fernsteuerung (Funkwellen oder Infrarotstrahlung) bedient werden können. Elektrische Tür- und Fensterantriebe müssen eingebaut werden, eventuell kann auch die Installation einer Feldbustechnik (EIB-KNX<sup>11</sup>) sinnvoll sein.

#### 3.4.1.1 Bewertung der „Easy by Voice – Lösung“

Im Bereich der Umfeldkontrollsysteme ist „Easy by Voice“ eines der wenigen sprecherunabhängigen Sprachsteuersysteme auf dem Markt. Der Einsatz eines PCs als Steuerzentrale stellt die nötige Rechenleistung zur Verfügung. Für den Benutzer bietet die sprecherunabhängige Erkennung den Vorteil, dass diese auch funktioniert, wenn die Stimme aufgrund der Tagesverfassung (Erkältung od. ä.) mal anders klingt.

Der PC, der als Steuerzentrale dient, wird dediziert - sprich ausschließlich - für das „Easy by Voice“ System verwendet. Da ein Zugriff nur im Servicefall erforderlich ist, kann der Rechner dezent im Hintergrund verbaut werden. Da auch kein Monitor dauerhaft an den PC angeschlossen sein muss, ist der Platzbedarf gering.

Die Idee, sowohl ein Schnurlosgerät (für den mobilen Einsatz tagsüber) als auch einen Festnetzapparat (immer fix am Bett für die Nacht) bereitzustellen, klingt sehr praktikabel. Überdies wird dadurch in einem hohen Maß sichergestellt, dass immer ein Eingabegerät betriebsbereit zur Verfügung steht. Das Risiko für etwaige Probleme aufgrund entleerter Akkuladungen wird dadurch auf ein Minimum reduziert.

Der Einsatz des Schnurlostelefons als Steuerungsgerät bringt den Vorteil, dass die Geräte raumübergreifend, ohne zwingenden Sichtkontakt zum anzusteuernenden Gerät, bedient werden können.

---

<sup>11</sup>EIB-KNX – standardisierte Feldbussysteme zur Gebäudeautomation

Das Telefon als Eingabegerät für den Sprachbefehl schafft einen Bezug zu einem vertrauten Benutzerverhalten. Die Verwendung der Metapher des Telefonierens kann sich fördernd auf die Akzeptanz des Systems durch den Benutzer auswirken.

Insgesamt überzeugt das System. Die Bedienung kann zu 100% rein über Spracheingabe erfolgen. Die Menüführung ist übersichtlich und „denkt“ teilweise mit. Beispielsweise bleibt das Programm für die Jalousie nach dem Sprachbefehl „Schließen“ im „Jalousiemodus“, weil ein anschließender Befehl „Stoppen“ erwartet wird. Bei anderen Funktionen, wo nicht unmittelbar ein Folgebefehl angenommen wird, springt das System eine Ebene zurück.

Auch bezüglich Integration in ein Gesamtsystem kann „Easy by Voice“ punkten. Sendemodule zur Ansteuerung von Infrarotempfängern und Funkempfängern sowie CAPI 2.0-Software<sup>12</sup> zur Steuerung der Telekommunikation sind in den Basispaketen immer dabei.

Weiterhin können wahlweise Funkbusse oder Feldbusse wie der EIB angesteuert werden. Für Betroffene könnte der Kostenfaktor nachteilig ins Gewicht fallen. „Easy by Voice“ kostet in der Anschaffung fast 4.000 Euro. Ein stattlicher Preis für eine „Fernbedienung“.

### 3.4.2 „Sicare-Pilot“ – Umfeldsteuerung mittels Lautsprache

Der „Sicare-Pilot“ ist eine Umfeldsteuerung in Form und Größe einer typischen Fernbedienung. Er wurde speziell für die Zielgruppe körperlich schwer- und schwerstbehinderter Menschen entwickelt. Mit dem „Sicare-Pilot“ können sie ihr häusliches Umfeld auf einfache Weise kontrollieren, da eine Vielzahl von Funktionen allein durch Sprachbefehle ausgeführt werden können.

Die Übertragung der Befehle zwischen „Sicare-Pilot“ und dem zu steuernden Gerät erfolgt je nach Anwendung:

- per Infrarot-Sender (Beleuchtung, Telefon, TV, Hifi)
- per Funksender (Haustüren, Fahrstühle, Ruf- und Alarmanlagen)
- per Kabel (Elektrollstühle, motorverstellbare Betten)

„Damit können behinderte Menschen nun viele Dinge tun, für die sie bis jetzt auf die Hilfe von Betreuern angewiesen waren: sich eigenständig bewegen, mit anderen kommunizieren, Medien nutzen, das eigene Wohlbefinden steigern und dabei jederzeit Hilfe in Reichweite haben“ [SEVE12].

Die folgende Abbildung zeigt ein am Rollstuhl fixierbares Modell des „Sicare-Pilot“:

---

<sup>12</sup>CAPI 2.0 – Common Application Program Interface - Softwareschnittstelle für ISDN-Adapter



**Abbildung 7: "Sicare-Pilot"[SEVE12]**

Das sehr übersichtlich gestaltete Gerät verfügt über folgende Ausstattung:

- vierzeilige Anzeige
- zwei Tasten
- Mikrofon
- Lautsprecher

Die Spracherkennung funktioniert sprecherabhängig. Die Steuerung über Sprache ist nach einem individuellem Training möglich, bei dem die verwendeten Befehle (max. 64) im Gerät gespeichert werden. Betreuungspersonen können den „Sicare-Pilot“ über Tasten bedienen.

Alle Menüpunkte und Aktionen werden am Display angezeigt und können zusätzlich über Lautsprecher angesagt werden.

Die Stromversorgung erfolgt wahlweise mit Batterien (2 AA-Mignon-Batterien), Akku (NiCd-Akkus) oder Netzstrom (Netzteil, Ladegerät).

Der „Sicare-Pilot“ kann auch von Menschen mit Sprachbehinderung bedient werden. An das Gerät können Taster aller Art (Saug-, Blas-, Fuß- oder Kopfschalter) angeschlossen werden. Das Befehlsmenü wird dann automatisch durchlaufen, d.h. der „Sicare-Pilot“ spricht die möglichen Befehle, und der Benutzer bestätigt das gewünschte Befehlswort durch den Spezialtaster.

Der Funktionsumfang des Geräts hängt von der Konfigurierung ab. Diese erfolgt durch den Hersteller an einem PC mit Hilfe der zum Lieferumfang gehörigen Software.

Für den Betrieb ist der PC nicht erforderlich. Der „Sicare-Pilot“ ist nach der Konfiguration voll funktionsfähig. Auch das „Trainieren“ der Spracherkennung ist jederzeit - ohne den PC – möglich.

#### 3.4.2.1 „Sicare Light“

Der „Sicare-Pilot“ wird auch in einer „Light-Version“ angeboten. Dies ist eine mobile sprachgesteuerte Fernbedienung, die bewegungsbeeinträchtigten Personen größere Selbstständigkeit ermöglichen soll.

Wie folgende Abbildung zeigt, ähnelt das Modell äußerlich seinem großen Bruder:



**Abbildung 8: "Sicare light" [SEVE12]**

In der Funktionalität unterscheiden sie sich dadurch, dass mit "Sicare light" nur infrarot-gesteuerte Geräte bedient werden können.

Damit können in erster Linie Unterhaltungsgeräte gesteuert werden bzw. Geräte, die sich auf Infrarotsteuerung umrüsten lassen (Telefon, Leuchten, Heiz- und Lüftungsanlagen oder elektrisch verstellbare Betten).

#### 3.4.2.2 Bewertung des „Sicare-Pilots“

Das wesentlichste Unterscheidungsmerkmal zur „Easy by Voice“-Lösung von Insors ist die Art der Spracherkennung. Der „Sicare-Pilot“ ist mit einer sprecherabhängigen Spracherkennung realisiert. Der Wortschatz beschränkt sich auf maximal 64 diskrete gesprochene Befehle, die durch die Verwendung einer Menüstruktur mehrfach nutzbar sind. Damit kann in der Regel der Bedarf an Sprachkommandos vollkommen gedeckt werden.

Sprecherabhängige Erkennung erfordert ein „Training“. Die verwendeten Befehle müssen vorher „trainiert“, also aufgezeichnet und abgespeichert werden. Das Gerät kann also nicht von einem beliebigen Personenkreis verwendet werden, sondern nur von Personen, die Sprachmuster abgespeichert haben.

Durch das „Training“ erzielen aber vergleichsweise einfache und günstige Lösungen eine erstaunlich gute Erkennungsgenauigkeit. Weiters besteht keine Gefahr eines unbeabsichtigten Bedienens durch Gespräche oder Fernseher.

Die Stromversorgung bietet dem Benutzer größtmögliche Flexibilität. Je nach Anwendungsszenario kann die (kosten)günstigste gewählt werden.

Der „Sicare-Pilot“ besticht besonders durch sein handliches, schlichtes und klares Design. Das System ist bis auf das „Training“ der Sprachbefehle absolut selbsterklärend und intuitiv zu bedienen.

Da der Pilot für schwer und schwerst körperlich behinderte Menschen entwickelt wurde, kann er völlig ohne Einsatz der Hände bedient werden. Im Bedarf kann das Gerät auch am Rollstuhl in Sprecherhöhe angebracht werden, sodass jederzeit ein Aufnehmen des Sprachsignals aus nächster Nähe möglich ist.

Der „Sicare-Pilot“ ist aus Sicht des Autors eine gelungene technische Lösung für Menschen mit motorischen Defiziten. Einerseits ist er einfach in der Bedienung und übersichtlich bezüglich Design. Andererseits erlaubt die Ansteuerung über Infrarot, Funkwellen und Kabel vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Der „Sicare-Pilot“ ist ein nützliches technisches Hilfsmittel, um Barrieren im häuslichen und täglichen Umfeld zu beseitigen und den normalen Tagesablauf so einfach wie möglich zu gestalten.

Abschließend noch eine Übersicht über die wesentlichen Merkmale der beiden Lösungen:

**Tabelle 5: Wesentliche Merkmale der beiden gewerblichen Lösungen**

Merkmale	Easy by Voice	Sicare-Pilot
Eingabe	Sprecherunabhängige Spracherkennung, Eingabe via Schnurlostelefon	Sprecherabhängige Spracherkennung, optional Anschluss von Spezialtastern
Funktionen	Steuerung von Haustechnik und Unterhaltungsmedien, Annehmen und Tätigen von Telefonanrufen	Steuerung von Haustechnik und Unterhaltungsmedien, Ruf- und Alarmanlagen, Elektrostühle und motorverstellbare Betten
Befehlsübertragung	ISDN, Infrarot, Funk, EIB	Infrarot, Funk oder Kabel

### 3.5 Bezugnahme auf vorhandene Diplomarbeiten

Die Einsatzmöglichkeiten von Sprachsteuerung waren auch schon in anderen Diplomarbeiten Untersuchungsgegenstand. An dieser Stelle wird auf zwei Arbeiten mit ähnlichen Aufgabenstellungen Bezug genommen. Die Ergebnisse bzw. die kritischen Punkte in der Realisierung werden im Hinblick auf den Entwurf einer eigenen Lösung im darauffolgenden Kapitel herausgearbeitet. Weiters unterzieht der Autor die Vor- und Nachteile der beiden Lösungen einer Analyse. Dies geschieht vor dem Hintergrund der in Kapitel 4 dieser Arbeit zu diskutierenden Anforderungen, um daraus Entscheidungsgrundlagen für die eigene Realisierung im Kapitel 5 und 6 zu bilden.

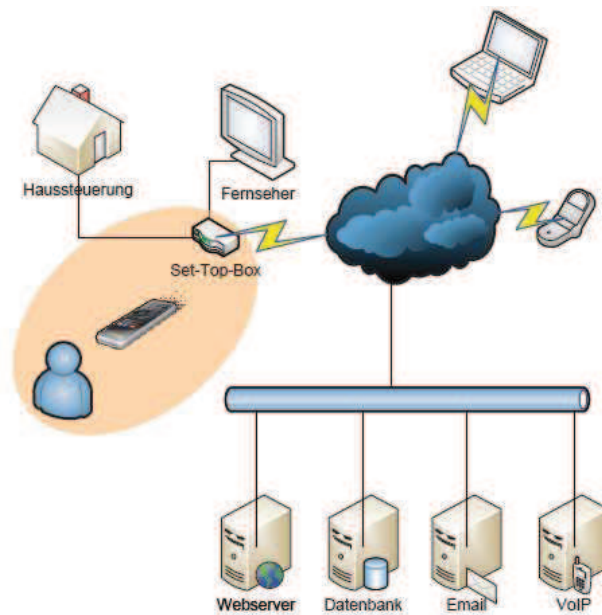
#### 3.5.1 Diplomarbeit 1: Marc Delling, Entwicklung einer multimodalen Kontrolleinheit für einen barrierefreien Multimedia PC

Marc Delling untersucht in seiner Diplomarbeit, eingereicht im Jahr 2008 im Studiengang Technische Informatik an der der Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Hamburg, die Entwicklung einer multimodalen Kontrolleinheit für einen barrierefreien Multimedia PC. Anwendungshintergrund seiner Untersuchung war das „Projekt Abendsonne“, das an der Entwicklung eines intelligenten Assistenzsystems für Senioren



arbeitet. Dieses soll insbesondere alte, kranke und pflegebedürftige Menschen zunehmend in ihrem individuellen Alltag unterstützen. Dieses Assistenzsystem bündelt intelligente Haustechnik, Unterhaltungsmedien und Kommunikationstechnik in eine einheitliche Bedienoberfläche auf einem Multimedia PC. Gegenstand seiner Diplomarbeit ist der Entwurf und die Realisierung einer multimodalen Kontrolleinheit für diese Bedienoberfläche anhand eines fiktiven Szenarios.

Zur Veranschaulichung im Folgenden eine Abbildung des Gesamtsystems, wie Delling es in seiner Arbeit dargestellt hat.



**Abbildung 9: Gesamtsystem [DELL08, S.16]**

Diese multimodale Kontrolleinheit soll die Form einer klassischen Fernbedienung haben und über eine kleine Menge an Befehlen die Bedienung einer barrierefreien Benutzeroberfläche auf einem Multimedia PC ermöglichen. Die besondere Anforderung war, dass die Bedienung multimodal – also durch unterschiedliche und beliebig kombinierbare Formen der Interaktion – möglich sein soll.

Die Kontrolleinheit soll unterschiedliche Arten von Eingaben, nämlich Sprache, Gesten und Tasten, verarbeiten können. Auch die Ausgabe soll auf zumindest zwei Arten erfolgen, visuell (Leds) und akustisch (Sprache/Töne).

In Dellings Szenario geht es um eine ältere alleinlebende Person, die über den Multimedia PC Haustechnik (Türöffner), Unterhaltungsmedien (Fernseher) und Kommunikationstechnik (Telefon) bedient.

Die Tabelle auf der folgenden Seite fasst die wichtigsten Merkmale von Dellings Entwurf zusammen:

**Tabelle 6: Merkmale von Dellings Entwurf**

Merkmale	Multimodale Kontrolleinheit
Eingabe	polymodal: durch Sprache, Gesten und Tasten
Ausgabe	visuell (Leds) und akustisch (Sprache, Töne)
Steuerung	Haustechnik, Unterhaltungsmedien und Kommunikationstechnik via PC

In der Umsetzung entschied Delling sich für den Einsatz von Bluetooth, aufgrund seiner universellen Eigenschaften als Schnittstelle und wegen des geringen Stromverbrauchs. Der Stromverbrauch war der kritische Punkt in der Realisierung. Der Autor nennt als einen problematischen Faktor die permanent erforderliche Funkverbindung der Kontrolleinheit mit dem Multimedia PC zur Übermittlung der Bewegungsdaten. Dies versuchte er durch den Einsatz von elektronischen Komponenten mit niedrigem Energieverbrauch zu kompensieren. Weiters widmete er dem Stromversorgungskonzept (Aufbewahrung in einer Ladeschale analog zu Schnurlostelefonen) besondere Aufmerksamkeit.

Im Ausblick betont Delling das Verbesserungspotential bezüglich Energieeffizienz. Dies könne vor allem über eine Optimierung der Software möglich sein, indem nicht benötigte Komponenten abgeschaltet werden[DELL08]. Die Voraussetzungen dafür hat er in seiner Realisierung geschaffen. Wenn die Komponenten einen Energiesparmodus vorsahen, hat Delling Leitungen zum Abschalten bzw. zum Aktivieren des Energiesparmodus vorgesehen.

#### 3.5.1.1 Bewertung aus Sicht des Autors

Das besondere an Dellings Untersuchung ist die Idee, multimodale Interaktionsformen zu unterstützen. Dies bringt mehrere Vorteile:

1. der potentielle Benutzerkreis weitet sich aus
2. der Bedienkomfort wird gesteigert, indem der Benutzer aus dem Kontext heraus die bequemste Form der Interaktion wählt
3. die Bedienung nähert sich natürlichen menschlichen Interaktionsformen, z.B. wird das Heben der Jalousie durch das Heben des Arms ausgelöst.
4. durch die Verwendung von vertrauten Eingabemethoden (Tasten) wird die Akzeptanz beim Nutzer verbessert

Bei einem Anwendungshintergrund wie er in Kapitel 2 der vorliegenden Arbeit dargestellt ist, würden diese Vorteile allerdings nicht zum Tragen kommen. Aus den beiden



Fallbeispielen geht als wesentliche Anforderung hervor, dass eine Verwendung der Fernbedienung rein über Sprache, also ohne Einsatz der Hände, möglich sein soll.

Einen gravierenden Nachteil sehe ich in der aufwendigen Anwendungsplattform. In der Praxis existieren Wohnungen, die mit dem in der Arbeit beschriebenen Gesamtsystem ausgestattet sind, noch nicht. Das heißt, dass derzeit nur ein Teil der Funktionen der Kontrolleinheit genutzt werden könnte.

### 3.5.2 Diplomarbeit 2: Gerhard Loidolt, Autonom 3: Spracherkennung

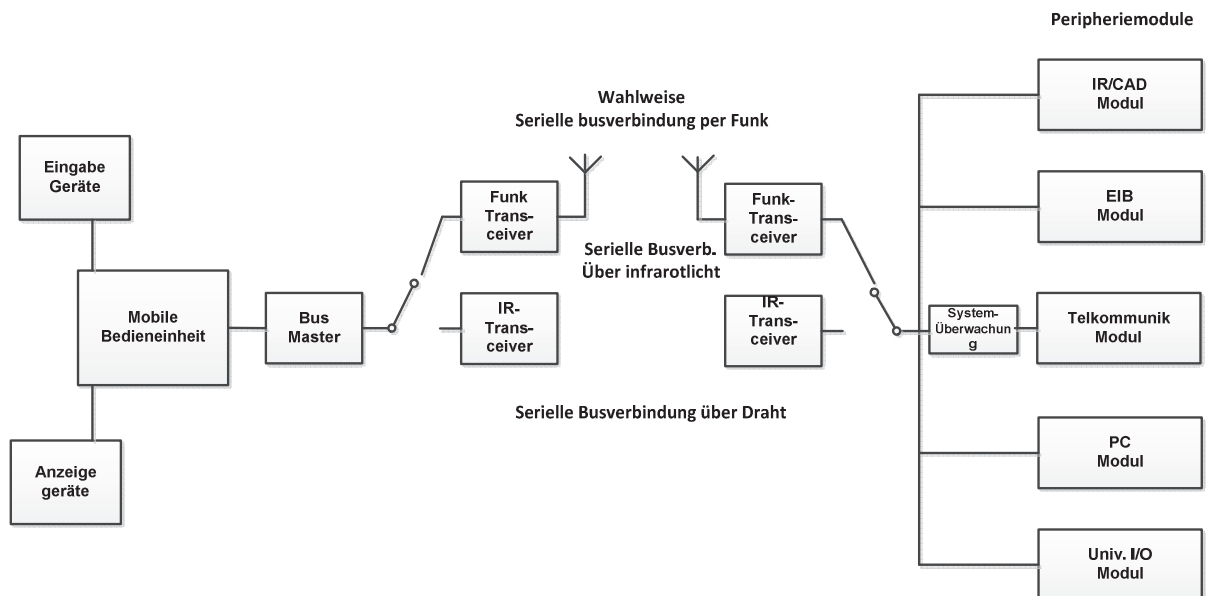
Auch Gerhard Loidolt befasste sich in seiner Diplomarbeit „Autonom 3: Spracherkennung“, vorgelegt am Institut für allgemeine Elektrotechnik und Elektronik an der Technischen Universität Wien, Abteilung für Angewandte Elektronik, mit einer Bedieneinheit für Menschen mit Beeinträchtigungen. Er entwickelte eine Spracherkennung, die sowohl in das technische Assistenzsystem „Autonom“ integriert, als auch als eigenständiges Gerät eingesetzt werden kann.

Das Projekt „Autonom“ will Menschen mit Behinderungen in ihrem Alltagsleben zu Hause unterstützen. Es ist als Baukastensystem konzipiert und erlaubt dem Benutzer jene Funktionen auszuwählen, die seinen Bedürfnissen entsprechen.

Das technische Assistenzsystem von „Autonom“ setzt sich zusammen aus einer mobilen Bedieneinheit auf der einen Seite und aus verschiedenen Peripheriemodulen auf der anderen Seite. Das Peripheriemodul kann z.B. ein Modul zum Anschluss an ein Installationsbussystem (EIB) sein, oder ein Modul zur Ansteuerung der Gegensprechanlage od.ä.

Die Verbindung zwischen der mobilen Bedieneinheit und den Peripheriemodulen erfolgt wahlweise über Kabel, Infrarotlicht oder Funk.

Im Folgenden eine Abbildung des von der Technischen Universität Wien entwickelten Baukastensystems „Autonom“, entnommen aus der Diplomarbeit von Loidolt.



**Abbildung 10: Das "Autonom"-Baukastensystem [LOID95, S. 4]**

Das System soll dem Benutzer die Steuerung von Geräten (TV, HiFi, Jalousien, Beleuchtung, Heizung, Rollstuhl, Anschluss an Installationsbussysteme) ermöglichen. Weitere Funktionen sind Computeranwendung (durch die Emulation von Tastatur und Maus), Kommunikation (Telefon, Gegensprechanlage) u.ä.

Die Bedieneinheit bildet die „Kommandozentrale“ für das gesamte System. Sie soll mobil sein und den Anschluss von verschiedenen Ein- und Ausgabegeräten erlauben. Als Eingabegeräte stehen Speziälschalter (vergrößerte Taster, Lidschlagschalter etc.) und Zeigegeräte (Maus, Trackball, Touchscreen) zur Verfügung. Der Autor untersuchte in seiner Arbeit die Verwendung von Spracheingabe als weiteres Eingabegerät. Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten Merkmale von Loidolts Entwurf zusammen:

**Tabelle 7: Merkmale von Loidolts Entwurf**

Merkmale	Mobile Bedieneinheit
Eingabe	Spracherkennung als eines von verschiedenen Eingabegeräten, die an die Bedieneinheit angeschlossen werden
Ausgabe	Dialog mit Benutzer durch visuelle (Display) und sprachliche Rückmeldungen
Steuerung	verschiedene Peripheriemodule über eine mit Windows konfigurierbare Benutzeroberfläche

### 3.5.2.1 Bewertung aus Sicht des Autors

Aufgrund des Baukastensystems ist das Assistenzsystem von „Autonom“ sehr leistungsfähig und vielfältig. Um dieses Potential in der Praxis zu entfalten, erfordert es allerdings ein gewisses Maß an Training und Schulung des Benutzers. Dem versucht man mit einer flexibel gestaltbaren Bedienoberfläche entgegenzukommen, um je nach Können und Erfahrung des Nutzers den Funktionsumfang zu steigern.

Das Baukastensystem verfügt teilweise bereits über sehr spezielle Eingabemöglichkeiten, wie z.B. den Lidschlagschalter. Die Motivation, dem Baukastensystem Sprache als Eingabemöglichkeit hinzuzufügen, war ähnlich begründet wie in der vorliegenden Diplomarbeit. Die mechanische Handhabung von Geräten ist für Menschen, die in ihrer Bewegungsfähigkeit beeinträchtigt sind, oft problematisch.

Der Diplomand entschied sich nach einem Vergleich verschiedener Spracherkennungsmodule für einen Baustein von Siemens, da dieser einen Betrieb ohne PC erlaubt. Der trainierbare Wortschatz ist dadurch zwar begrenzt, aber mit einem Umfang von maximal 64 diskreten Wörtern (=verschiedene Wörter) für den gegenständlichen Anwendungshintergrund mehr als ausreichend. Der integrierte Speicher erlaubt das Ablegen von 320 Sprachmustern. Ein Sprachmuster ist ein benötigter Befehl in unterschiedlicher Aussprache. Da die Stimmlage des Benutzers je nach Tagesverfassung und ähnlichen Faktoren deutlich variieren kann, werden von jedem Befehl mehrere Sprachmuster abgelegt. Weiters können Sprachmuster von verschiedenen Sprechern gespeichert werden. Damit wird zum einen ein flexiblerer Einsatz möglich und zum anderen die Erkennungswahrscheinlichkeit erhöht. Ein weiterer Grund für die Wahl dieses Spracherkennungsbausteins war die geringe Nebengeräuschempfindlichkeit.

Der Diplomand war mit dem Ergebnis in Bezug auf die Spracherkennung zufrieden. Tatsächlich zeichnete sich das System durch eine geringe Nebengeräuschempfindlichkeit aus. Im Test zeigte es eine exakte Unterscheidung zwischen gesprochenem Befehl und Hintergrundgeräusch. Zu berücksichtigen ist dabei aber, dass die jeweilige Raumakustik eine große Rolle spielte. Es erwies sich als vorteilhaft, dass das Gerät in jenem Raum trainiert wurde, in dem es zum Einsatz kam.

Der Baustein lieferte eine gute Erkennungssicherheit, wenn es sich um eines der gespeicherten Wörter handelte. Ähnlich klingende Stimmen wurden akzeptiert. Große Stimmunterschiede – z.B. Training erfolgte auf eine Männerstimme, gesprochenes Kommando kam von einer Frauenstimme – wurden nicht erkannt [LOID95].

Zwei Schwachpunkte führte der Verfasser an. Zum einen war das Modul langsam in der Erkennung. Für die Auswertung eines gesprochenen Wortes brauchte es 3s. Dieses Problem hat sich aber mit dem Nachfolgemodell bereits gelöst. Dieses schafft die Erkennung in 0,5s. Als problematisch erwies sich auch der Zeitschlitz von 2s für die Spracheingabe. In den Praxistests war das zu knapp. Dieser Nachteil fiel umso mehr ins

Gewicht, als nach Ablauf des Zeitschlitzes ein neuerliches Anstoßen des Bausteins erforderlich war.

Für den Entwurf einer eigenen Lösung im fünften Kapitel nimmt sich der Autor konkret zwei Punkte mit:

- Besondere Bedeutung soll dem Stromversorgungskonzept beigemessen werden. Dies ist insbesondere auch bei der Software zu berücksichtigen.
- Sorgfältige Analyse des erforderlichen Funktionsumfangs und der gewünschten Eigenschaften vor der Wahl des Spracherkennungsbausteins

## 4 Präzisierung der Aufgabenstellung

Das vierte Kapitel widmet sich der Präzisierung der Aufgabenstellung. Ausgehend von zwei Fallbeispielen erarbeitet der Autor ein Anwendungsfallldiagramm, beschreibt die Anwendungsfälle und skizziert das Gesamtsystem. Er beschließt die Anforderungsanalyse mit der Festlegung von funktionalen Anforderungen und Qualitätsanforderungen an die sprachgesteuerte Fernbedienung.

### 4.1 Fallbeispiele

Die im vorangegangenen Kapitel beschriebene Idee soll nun anhand von zwei Fallbeispielen genauer dargestellt werden, um zu veranschaulichen, wie der Einsatz einer sprachgesteuerten Fernbedienung Hilfestellung im konkreten Fall bieten kann.

#### 4.1.1 Fallbeispiel 1: Riad, 12 Jahre

Der zwölfjährige Riad leidet seit seiner Geburt an Lähmungserscheinungen in allen vier Extremitäten. Die Ärzte diagnostizierten eine Tetraspastik, d.h. er kann seine Arme und Beine nur eingeschränkt benutzen. Er ist zwar gehfähig, aber jeder Weg, den er zurücklegen muss, bedeutet für ihn eine große Anstrengung. Auch einfache Bewegungen mit den Händen, z.B. einen Becher halten oder einen Finger ausstrecken, um eine Taste zu bedienen, bereiten ihm viel Mühe.

Die Spracherkennungstechnologie ist ihm bei seinem neuen Mobiltelefon aufgefallen, wo er gewisse Funktionen, z.B. einen Namen aus der Kontaktliste herauszusuchen, per Spracheingabe bedienen kann. Er war sofort begeistert davon. Er verbringt bedingt durch seine Behinderung viel Zeit zuhause in seinem Jugendzimmer. „Wie toll wäre es, wenn ich dem Fenster einfach sagen könnte, dass es sich nun schließen soll oder dem Licht, dass es sich nun ausschalten soll! Dann müsste ich nicht jedes Mal nach jemandem rufen.“

Für den zwölfjährigen Buben würde es ein Stück mehr Selbstbestimmung und Autonomie bedeuten, wenn er wegen kleinen Routinetätigkeiten nicht immer auf eine Betreuungsperson angewiesen ist. Da er im Verhältnis zu anderen Jugendlichen mehr Zeit zu Hause verbringt, zum Teil auch allein, ist es sinnvoll, die Einsatzmöglichkeiten der Sprachsteuerung auch in den anderen bevorzugten Aufenthaltsräumen (Wohnzimmer, Küche) bereit zu stellen.

#### 4.1.2 Fallbeispiel 2: Martin, 36 Jahre

Martin war seit seiner Jugend ein begeisterter Sportler und hat sich in verschiedenen Disziplinen und teilweise auch in Wettkämpfen erprobt. Während des Studiums entdeckte er seine Leidenschaft fürs Fliegen und widmete bald seine ganze Freizeit dem Paragleiten. Vor 7 Jahren geschah die Katastrophe, Martin stürzte bei einem Trainingsflug ab. Er erlitt schwere Rückenmarksverletzungen und ist seither vom 5. Halswirbel abwärts gelähmt. Nach einem Jahr Krankenhausaufenthalt und Rehabilitation zog er in eine rollstuhlgerechte Wohnung.

Martin ist Geologe und arbeitet in einem Zivilingenieurbüro. Den Weg zur Arbeit bewerkstelligt er alleine in einem für ihn umgebauten Wagen. Seine Beine, sein Oberkörper sowie die Unterseite seiner Arme sind gelähmt. Um Gegenstände heben, ziehen oder greifen zu können, muss er die Oberseite seiner Armmuskulatur und die Schultern benutzen. Zum Essen verwendet er Spezialbesteck, das er an seinen Händen fixieren kann.

Auch ihm kommen sofort Anwendungsideen für Sprachsteuerung in den Sinn. Da er seine Hände nur beschränkt benutzen kann, empfindet er Tätigkeiten wie Fenster oder Terrassentür öffnen immer als sehr aufwendig. Noch dazu steht er sich dabei mit dem Rollstuhl selbst im Weg, wenn er den Tür- oder Fensterflügel zur Seite bewegen will.

Martin hat als ehemaliger Sportler bald wieder nach Möglichkeiten gesucht, wie er sich sportlich betätigen kann. Er nimmt an Rollstuhl-Rugby Wettkämpfen teil. Die nötige Kondition dazu holt er sich auf einem sog. Handbike, eine Art Liegerad, das mit den Armen betrieben wird. Auch hier tun sich für ihn Anwendungsfälle auf, wenn er während des Trainings Licht braucht oder das Fenster öffnen will oder z.B. mit Jalousien verdunkeln will. Ebenso nützlich wären diese Funktionen für ihn auch außerhalb seines Trainingsraums, z.B. wenn er sich im Wohnzimmer am Sofa aufhält bzw. im Schlafzimmer im Bett. Hier kleine Routinetätigkeiten per Sprachbefehl ausführen zu können, würde ihm den vergleichsweise aufwendigen Wechsel vom Bett in den Rollstuhl ersparen.

## 4.2 Anwendungsfalldiagramm

Im folgenden Abschnitt werden die beiden Fallbeispiele einer Analyse unterzogen, um daraus im weiteren Verlauf die funktionalen Anforderungen an die Fernbedienung ableiten zu können. Dabei wird auf Methoden des Software-Engineering zurückgegriffen.

In der Modellierungssprache UML<sup>13</sup> (Unified Modeling Language) gibt es die Technik der Anwendungsfallanalyse (engl. Use-Case-Analysis). Anwendungsfälle beschreiben typische Interaktionen eines Systems mit seiner Umwelt, sie deklarieren ein Verhalten, das nach außen sichtbar ist. Ein Anwendungsfalldiagramm zeigt dieses externe Verhalten aus der Sicht der Nutzer, indem es die Nutzer (in UML „Akteure“ genannt), die

---

<sup>13</sup>UML – Modellierungssprache für Software und andere Systeme

Anwendungsfälle und deren Beziehungen zueinander grafisch darstellt. Ein Nutzer kann eine Person, aber auch ein Nachbarsystem sein.

## 4.2.1 Bestandteile und Notationen eines Anwendungsfalldiagramms

Zu Beginn eine kurze Übersicht über die wesentlichen Bestandteile und Notationen eines Anwendungsfalldiagramms [JECK03].

### 4.2.1.1 Anwendungsfall

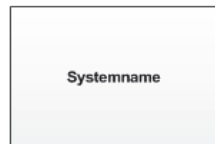
Ein Anwendungsfall (engl. Use-Case) beschreibt eine Menge von Aktionen, die, schrittweise ausgeführt, ein spezielles Verhalten formen. Die Notation besteht aus einer Ellipse, der Name des Verhaltens wird inner- oder unterhalb der Ellipse angeführt.



**Abbildung 11: Standardnotation für einen Use-Case**

### 4.2.1.2 System

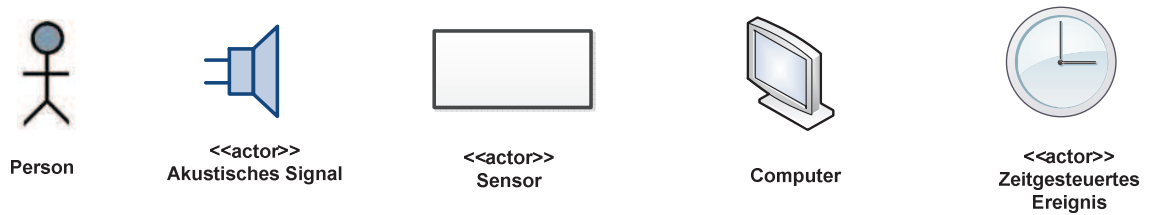
Das System wird als rechteckiger Kasten abgebildet, wobei die Kanten des Systems die Systemgrenzen darstellen. Das System ist als diejenige Einheit zu verstehen, die das durch die Anwendungsfälle beschriebene Verhalten erzeugt. Der Name des Systems wird innerhalb des Rechtecks angegeben.



**Abbildung 12: Standardnotation für das System**

### 4.2.1.3 Akteur

Ein Akteur interagiert mit dem System, steht aber immer außerhalb davon. Er stößt die Anwendungsfälle an bzw. ist an deren Ausführung aktiv oder passiv beteiligt. Ein Akteur muss nicht zwangsläufig eine natürliche Person sein, sondern kann auch ein Sensor, ein Zeitereignis oder ein anderes Gerät sein.



**Abbildung 13: Mögliche Akteure**

#### 4.2.2 Erstellung eines Anwendungsfalldiagramms

Zur Erstellung des Anwendungsfalldiagramms für das System „Sprachgesteuerte Fernbedienung“ gilt es die Akteure und die Anwendungsfälle zu identifizieren.

Ausgehend von den zwei Fallbeispielen können folgende Akteure benannt werden:

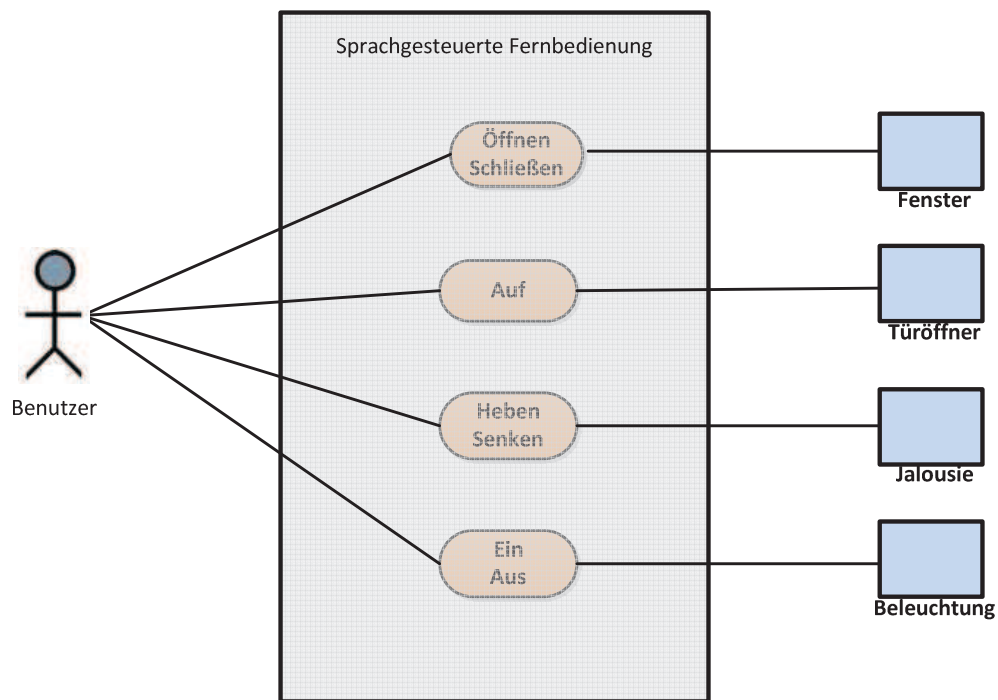
- Riad bzw. Martin: Beide sind aufgrund einer Behinderung in ihrer körperlichen Mobilität und in ihren motorischen Fähigkeiten eingeschränkt. Beide leben in einem privaten Wohnumfeld, wo sie versuchen ihren Alltag weitestgehend selbstständig zu bewerkstelligen. Der Einsatz einer sprachgesteuerten Fernbedienung zur Steuerung von elektrischen Anlagen in der Wohnung soll ihnen das erleichtern. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird stellvertretend für Riad und Martin der Begriff *Benutzer* verwendet.
- Diverse Aktoren/Verbraucher: Als weitere Akteure können die zu steuernden elektrischen Anlagen der jeweiligen Wohnung bzw. der einzelnen Aufenthaltsräume ausgemacht werden. Konkret geht es um folgende Aktoren:
  - Fenster
  - Jalousien
  - Beleuchtung
  - Türöffner

Daraus ergeben sich folgende Use-Cases

- Fenster öffnen/schließen
- Jalousie heben/senken
- Licht ein/aus
- Tür auf

Die folgende Abbildung stellt diese in einem Anwendungsfalldiagramm gemäß UML dar.





**Abbildung 14: Anwendungsfalldiagramm für Fallbeispiel 1 und 2**

Das Anwendungsfalldiagramm grenzt den Kontext auf übersichtliche Weise ab. Es zeigt die gewünschten funktionalen Eigenschaften der sprachgesteuerten Fernbedienung gleichsam auf einen Blick. „Use-Case-Diagramme ermöglichen eine „Black Box“-Sicht auf das betrachtete System. Damit können Sie anwendernah und unabhängig von internen technischen Abläufen das System von seiner Umwelt abgrenzen und die elementaren Systemanforderungen finden“ [JECK03, S. 179].

### 4.3 Beschreibung der Use Cases

Um die dahinter stehenden Abläufe anzusehen, sind Beschreibungen der Use-Cases vorgesehen. Für die Beschreibung von kurzen, klaren Abläufen mit wenig Sonderfällen bietet sich ein strukturierter Text an. Eine Use-Case-Beschreibung soll den Namen des Use-Cases, die Ablaufbeschreibung, zugehörige Akteure, etwaige Vor- und Nachbedingungen und Ausnahmen enthalten [Qu04].

Im Folgenden erfolgt die Beschreibung der in Kapitel 4.2.2 festgelegten Use-Cases. (Hinter den Anwendungsfällen Fenster öffnen/schließen, Jalousie heben/senken bzw. Tür Auf/Zu und Licht Ein/Aus stecken jeweils analoge Abläufe, weshalb vertretungsweise nur jeweils eine Beschreibung ausgeführt wird)

**Name des Use-Cases:**      **Fenster öffnen/schließen**

**Auslösendes Ereignis:**      Der Benutzer nennt per Sprache die gewünschte Aktion

Ablaufbeschreibung:	Die Fernbedienung führt eine Erkennung der Spracheingabe durch, ordnet diese dem angesprochenen Aktor zu und überträgt das Steuersignal zum Fenster. Das Fenster öffnet bzw. schließt sich.
Ausnahmefälle:	<p>Wird die Spracheingabe nicht erkannt, erfolgt eine Rückmeldung an den Benutzer mit der Aufforderung, die Eingabe zu wiederholen.</p> <p>Der Benutzer will das Fenster nur bis zu einem gewissen Grad öffnen/schließen. Mit einem weiteren Sprachbefehl (z.B. „Stop“) wird die vorherige Ausführung unterbrochen und das Fenster bleibt in der aktuellen Position stehen.</p> <p>Der Benutzer gibt einen nicht ausführbaren Sprachbefehl ein (z.B. Fenster öffnen, obwohl das Fenster bereits offen ist). Es erfolgt keine Aktion durch das System.</p>
Nachbedingung:	Das Fenster ist offen/zu. Die Fernbedienung ist betriebsbereit.

**Name des Use-Cases: Jalousie heben/senken**

Auslösendes Ereignis:	Der Benutzer nennt per Sprache die gewünschte Aktion
Ablaufbeschreibung:	Die Fernbedienung führt eine Erkennung der Spracheingabe durch, ordnet diese dem angesprochenen Aktor zu und überträgt das Steuersignal zur Jalousie. Die Jalousie hebt bzw. senkt sich bis zum Endanschlag.
Ausnahmefälle:	<p>Wird die Spracheingabe nicht erkannt, erfolgt eine Rückmeldung an den Benutzer mit der Aufforderung, die Eingabe zu wiederholen.</p> <p>Der Benutzer will die Jalousie nur bis zu einem gewissen Grad heben/senken. Mit einem weiteren Sprachbefehl (z.B. „Stop“) wird die vorherige Ausführung unterbrochen und die Jalousie bleibt in der aktuellen Position stehen.</p> <p>Der Benutzer gibt einen nicht ausführbaren Sprachbefehl ein (z.B. Jalousie heben, obwohl die Jalousie bereits gehoben ist). Es erfolgt keine Aktion durch das System.</p>
Nachbedingung:	Die Jalousie ist gehoben/herabgesenkt. Die Fernbedienung ist betriebsbereit.

**Name des Use-Cases:****Licht Ein/Aus**

Auslösendes Ereignis:	Der Benutzer nennt per Sprache die gewünschte Aktion
Ablaufbeschreibung:	Die Fernbedienung führt eine Erkennung der Spracheingabe durch, ordnet diese dem angesprochenen Verbraucher zu und überträgt das Steuersignal zum Lichtschalter. Das Licht geht an bzw. aus.
Ausnahmefälle:	<p>Wird die Spracheingabe nicht erkannt, erfolgt eine Rückmeldung an den Benutzer mit der Aufforderung, die Eingabe zu wiederholen.</p> <p>Der Benutzer gibt einen nicht ausführbaren Sprachbefehl ein (z.B. Licht ein, obwohl das Licht bereits an ist). Es erfolgt keine Aktion durch das System.</p>
Nachbedingung:	Das Licht ist ein/aus. Die Fernbedienung ist betriebsbereit.

**Name des Use-Cases:****Tür Auf**

Auslösendes Ereignis:	Der Benutzer nennt per Sprache die gewünschte Aktion
Ablaufbeschreibung:	Die Fernbedienung führt eine Erkennung der Spracheingabe durch, ordnet diese dem angesprochenen Aktor zu und überträgt das Steuersignal zum Magnetschalter der Tür. Die Tür öffnet sich.
Ausnahmefälle:	<p>Wird die Spracheingabe nicht erkannt, erfolgt eine Rückmeldung an den Benutzer mit der Aufforderung, die Eingabe zu wiederholen.</p> <p>Der Benutzer gibt einen nicht ausführbaren Sprachbefehl ein (z.B. Tür auf, obwohl die Tür bereits offen ist). Es erfolgt keine Aktion durch das System.</p>
Nachbedingung:	Die Tür ist offen. Die Fernbedienung ist betriebsbereit.

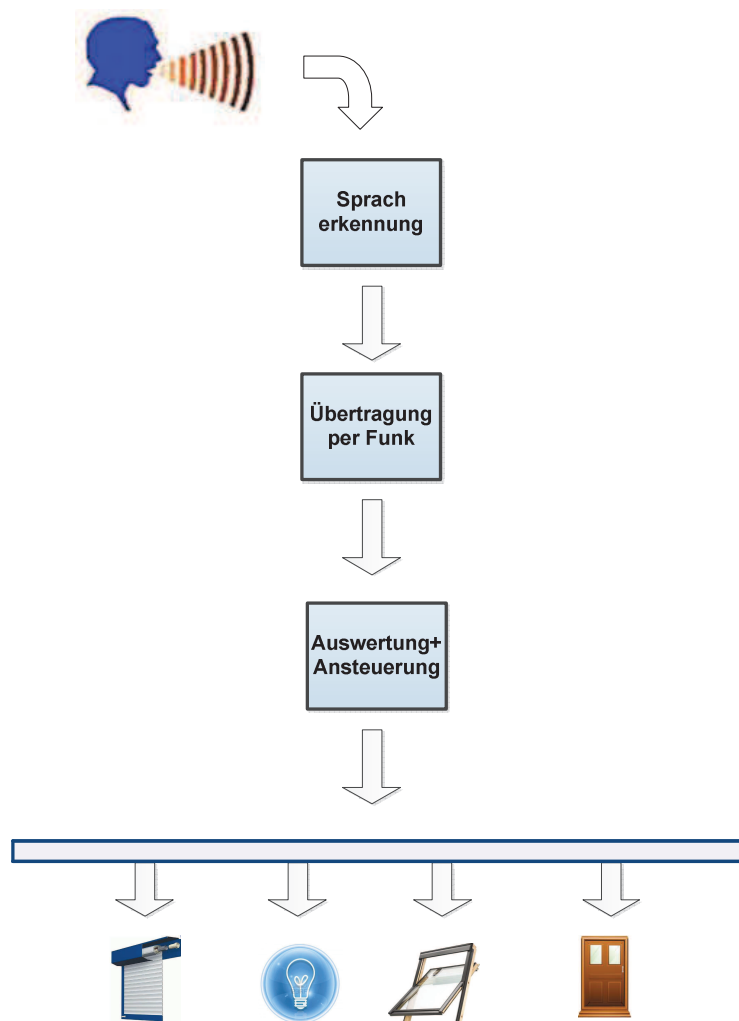
Bevor die Definition der Anforderungen im Detail erfolgt, soll noch ein Blick auf das Gesamtsystem geworfen und die Einbettung in die Anwendungsumgebung betrachtet werden.

## 4.4 Gesamtsystem

Ausgangssituation ist eine mittelgroße Wohnung, die mit automatischen Fenster- und Türsystemen, mit elektromotorischen Jalousien bzw. Rollos, mit elektromagnetischen Türöffnern und mit verschiedenen Lichtquellen ausgestattet ist.

Ein weiterer Bestandteil des Gesamtsystems ist die Fernbedienung. Über ein integriertes Mikrofon erfolgt die Eingabe der Sprachbefehle. In der Fernbedienung findet die Spracherkennung statt, sowie die akustische und visuelle Befehlskontrolle (integrierter Lautsprecher und integrierte Anzeige). Die Fernbedienung setzt gesprochene Befehle in Signale um, die per Funk und eventuell in weiterer Folge teilweise per Kabel die dafür eingerichteten Aktoren und Verbraucher steuern.

Aus jetziger Sicht ist noch nicht klar, ob die Ansteuerung der Aktoren zentral über eine Steuereinheit oder dezentral in den einzelnen Komponenten passieren soll. Die Diskussion des Steuerungskonzepts und die Entscheidung, welches Konzept im vorhandenen Szenario das beste Ergebnis liefert, erfolgt in Kapitel 5. Im Folgenden eine schematische Übersicht des Gesamtsystems.



**Abbildung 15: Schematische Darstellung des Gesamtsystems**

In den beiden Fallbeispielen und der anschließenden Analyse anhand eines Anwendungsfalldiagramms kristallisierten sich die funktionalen Eigenschaften der sprachgesteuerten Fernbedienung heraus. Um ein vollständiges Bild der erforderlichen Funktionen und Eigenschaften zu erhalten, bezog der Autor das Gesamtsystem mit ein. Auf Basis dieser Erkenntnisse erfolgt im nächsten Abschnitt die Festlegung der Anforderungen.

## 4.5 Festlegung der Anforderungen

Mit der Festlegung der Anforderungen wird ein Systemverhalten von außen, also aus der Sicht des zukünftigen Anwenders, beschrieben. Eine Anforderung (engl. requirement) ist „eine Bedingung oder eine Fähigkeit funktionaler oder nicht funktionaler Natur, welche ein Produkt erfüllen bzw. haben muss“ [ZUSE04, S. 223].

Anforderungen definieren sowohl Benutzerwünsche und als auch geforderte Eigenschaften des zu entwickelnden Systems. In der Literatur wird deshalb häufig zwischen funktionalen Anforderungen (Beschreibung des geforderten Systemverhaltens) und nicht-funktionalen Anforderungen (Beschreibung seiner Eigenschaften) unterschieden. Der deutsche Wissenschaftler Pohl, zu dessen Forschungsschwerpunkten seit vielen Jahren das Requirements Engineering zählt, empfiehlt stattdessen eine Unterscheidung zwischen funktionalen Anforderungen und Qualitätsanforderungen. Seiner Erfahrung nach bleibt bei nicht-funktionalen Anforderungen das genaue Hinterfragen und Konkretisieren der Anforderung häufig aus. Ihm zufolge definieren Qualitätsanforderungen gewünschte Qualitätsmerkmale des geplanten Systems (z.B. Zuverlässigkeit, Ausfallsicherheit). Funktionale Anforderungen hingegen spezifizieren die Funktionalität, die das geplante System den Benutzern bereitstellen soll [POHL07].

### 4.5.1 Funktionale Anforderungen

In der folgenden Aufstellung sind die Anforderungen an eine sprachgesteuerte Fernbedienung aufgelistet, die sich aus der Analyse der Fallbeispiele und des Einsatzumfeldes ergeben:

**Steuerung** von Aktoren bzw. elektrischen Verbrauchern. Die Fernbedienung soll konkret Fenster, Türen, Türöffner, Licht und Jalousien einer Wohnung steuern können, unabhängig davon, in welchem Raum der Benutzer sich gerade aufhält.

**Spracherkennung** - Die Fernbedienung soll mit Sprache zu bedienen sein. Eine gute Spracherkennung muss gewährleistet sein, dies beinhaltet eine exakte Unterscheidung zwischen gesprochenem Befehl und Hintergrundgeräuschen.

Weitere Eingabemöglichkeiten über Taster sollen lediglich zusätzlich zur Verfügung stehen (für Betreuungspersonal und Angehörige).

**Kommunikation mit Benutzer:** Die sprachgesteuerte Fernbedienung soll mit dem Benutzer „kommunizieren“. Der Benutzer soll Rückmeldung bekommen, ob die Spracheingabe erkannt wurde.

**Immer betriebsbereit:** Die sprachgesteuerte Fernbedienung soll permanent „mithören“, eine Befehlseingabe soll zu jedem Zeitpunkt möglich sein.

Die Fernbedienung soll **portabel** sein, damit der Betroffene sie immer bei sich haben kann und so jederzeit Zugriff auf die Aktoren bzw. Verbraucher hat, unabhängig von seinem aktuellen Aufenthaltsort in der Wohnung.

**Geringer Installationsaufwand:** Die sprachgesteuerte Fernbedienung soll ohne große Adaptionsmaßnahmen in bestehende intelligente Wohnumgebungen integrierbar sein.

#### 4.5.2 Qualitätsanforderungen

**Einfache Bedienung:** Die Fernbedienung soll auch für ungeschulte Personen möglichst einfach und intuitiv zu handhaben sein.

**Zuverlässigkeit:** Die Fernbedienung muss zum einen verlässlich reagieren, wenn sie angesprochen wird, zum anderen soll aber kein unbeabsichtigtes Auslösen durch Musik, Gespräche, usw. passieren. Auch die Übertragung zum Empfänger muss unempfindlich gegenüber etwaigen Störeinflüssen sein und immer zuverlässig gegeben sein.

**Langlebigkeit:** durch robuste Bauweise und langlebige Hardwarebestandteile soll sichergestellt sein, dass das Produkt über eine lange Dauer funktionsfähig bleibt.

**Fehlertoleranz:** Die Fernbedienung soll mit Fehlbedienung insofern umgehen können, dass etwaige Fehler in der Bedienung keine (ungewünschten) Aktionen auslösen.

**Erweiterbarkeit:** Das System soll sich leicht erweitern lassen, wenn zusätzliche Verbraucher dazukommen.

### 4.6 Schlussbemerkung zur Anforderungsanalyse

In diesem Kapitel analysierte der Autor die Aufgabenstellung. Anhand von zwei Fallbeispielen zeigte er, wie eine sprachgesteuerte Fernbedienung behinderten Menschen Hilfestellung im konkreten Fall bieten kann. In einem Anwendungsfalldiagramm und einer anschließenden Beschreibung der Anwendungsfälle präziserte er die Aufgabenstellung. Im Kontext des Gesamtsystems spezifizierte der Autor abschließend die Anforderungen an die sprachgesteuerte Fernbedienung.

Die festgelegten Anforderungen definieren die Problemstellung und bilden somit die Grundlage für den Entwurf einer adäquaten Systemarchitektur. Dieser erfolgt im nächsten Kapitel.

## 5 Entwurf einer eigenen Lösung

Das folgende Kapitel widmet sich dem konzeptionellen Entwurf einer eigenen Lösung, die die in Kap. 4.5 definierten Anforderungen erfüllt. Am Beginn steht die Diskussion und anschließende Festlegung des Steuerungskonzepts. Danach folgt der Logische Entwurf mit dem Funktionsumfang im Detail. Zum Abschluss trifft der Autor grundlegende Entscheidungen über verwendete Technologien.

### 5.1 Steuerungskonzept

Bevor mit dem Entwurf der Fernbedienung begonnen wird, soll nochmal über die Ansteuerung der Aktoren gesprochen werden. Im vorangehenden Kapitel (Präzisierung der Aufgabenstellung) hat der Autor bereits einen Blick auf das Gesamtsystem geworfen. Dabei hat er noch offen gelassen, ob die Steuerung der Aktoren zentral oder dezentral erfolgen soll.

Aus der Analyse vorhandener Lösungen in Kapitel 3.4. und 3.5. hat sich ein gemischtes Bild ergeben. Die „Easy by Voice“-Lösung von Insors setzt auf ein zentrales Steuerungskonzept. Alle Sprachbefehle des Benutzers werden dem „Easy by Voice“-Rechner zugeführt und dort verarbeitet. Im Rechner werden die Schaltvorgänge ausgelöst und per Infrarot, Funk oder über ein Bussystem zu den Aktoren übertragen. Der Sicare-Pilot hingegen überträgt die Befehle direkt zu Aktoren. Je nach Anwendung erfolgt dies per Infrarot, Funk oder Kabel. Die beiden Diplomanden setzten ihre Lösungen jeweils auf ein bestehendes Gesamtsystem auf. In beiden Fällen basierten die Lösungen auf einem zentralen Steuerungskonzept. Im Fall von Delling erfolgte die Übertragung der Befehle zu einer auf einem Fernseher aufgesetzten Set-Top-Box, bei Loidolt wiederum wurden die verschiedenen Peripheriemodule über eine mit Windows konfigurierbare zentrale Benutzeroberfläche angesprochen.

Im vorhandenen Szenario – siehe Fallbeispiele und Anwendungsfallanalyse in Kap. 4 – sollen ausgewählte elektrische Aktoren bzw. Verbraucher in einer entsprechend ausgestatteten Wohnumgebung gesteuert werden.

Die folgende Skizze veranschaulicht das in einem exemplarischen Szenario:



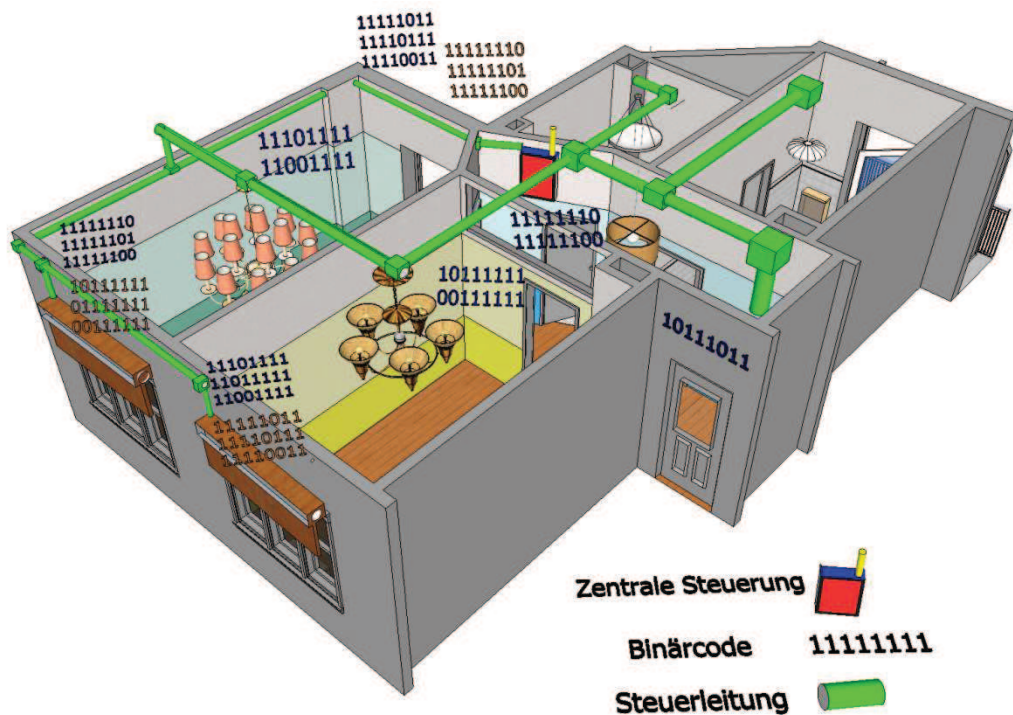


Abbildung 16: Exemplarische Wohnumgebung

Es wird von einer mittelgroßen Wohnung ausgegangen, deren Fenster und Jalousien sich teilweise – zumindest in den Aufenthaltsräumen – elektrisch bedienen lassen. Lichtschalter sind mit drahtloser Fernsteuerung bedienbar bzw. an ein Feldbussystem angeschlossen. Weiters ist die Wohnungstür mit einem elektrischen Türöffner ausgestattet.

Aufgrund der in Kapitel 4.5 festgelegten Anforderungen entschied sich der Autor für die Umsetzung eines zentralen Ansteuerungskonzepts. Das bedeutet die Fernbedienung überträgt das Signal per Funk bis zur Steuerzentrale, ab hier erfolgt die drahtgebundene Weiterleitung zu den einzelnen Aktoren. Diese Variante liefert in Bezug auf die Anforderungen das beste Ergebnis. Es kann leichter auf ein bestehendes System (Feldbus, Steuerleitungen) aufgesetzt werden. Die Funkstrecke verkürzt sich, die Störanfälligkeit durch nah beieinander befestigte Funkempfänger (z.B. bei Fenstern, die sowohl mit Rohrmotoren für den Sonnenschutz als auch mit Antrieben zum Öffnen und Schließen ausgestattet sind) verringert sich.

## 5.2 Komponenten Gesamtsystem

Aus dem zentralen Steuerungskonzept ergeben sich im Wesentlichen drei Komponenten im Gesamtsystem mit folgenden Aufgaben:

- **Sprachgesteuerte Fernbedienung**
  - Erkennen des analogen Sprachbefehls und Umwandlung in ein digitales Signal

- Signalübertragung per Funk
- Befehlskontrolle akustisch (Lautsprecher) und visuell (Display)
- **Steuerzentrale**
  - Signalempfang
  - Auswertung – welcher Aktor/Verbraucher soll angesprochen werden
  - Ausgabe des Steuersignals
- **Aktoren/Verbraucher**
  - Voraussetzung für die Implementierung der Anwendungs idee ist die Ausstattung bzw. Anpassung der elektrischen Anlagen im häuslichen Umfeld, z.B. Fenster, Türen und Jalousien, die mit elektrischen Antrieben ausgestattet sind, elektromagnetische Türöffner, Beleuchtungssteuerungen, usw.

Im weiteren Verlauf der Arbeit entwirft der Autor eine mögliche Lösung für eine sprachgesteuerte Fernbedienung und setzt diese mit der Fertigung eines Prototypen um.

Die Entwicklung einer Steuerzentrale bzw. die Anbindung an die Aktoren ist nicht Gegenstand der Untersuchung. Der Autor simulierte lediglich für den Test des Prototypen eine Steuerzentrale (siehe Kap. 6.4).

## 5.3 Logischer Entwurf für die sprachgesteuerte Fernbedienung

### 5.3.1 Funktionen

Im Kapitel 4.2 und 4.3 wurden in der Anwendungsfallanalyse die elementaren Funktionen der sprachgesteuerten Fernbedienung erfasst. Diese waren:

- Fenster öffnen/schließen/stoppen
- Jalousie heben/senken/stoppen
- Licht ein/aus
- Türöffner auf

Im Detail – und auch schon im Hinblick auf die Sprachbefehle - ergibt sich daraus folgender Funktionsumfang:

Fenster öffnen	Das Fenster öffnet sich bis zum Endanschlag
----------------	---

Fenster schließen	Das Fenster schließt sich bis zum Endanschlag
Fenster stoppen	Das Fenster stoppt den Öffnungs- bzw. Schließvorgang und bleibt in der aktuellen Position (teilweise geöffnet) stehen
Jalousie heben	Die Jalousie fährt bis zum oberen Endanschlag
Jalousie senken	Die Jalousie fährt bis zum unteren Endanschlag
Jalousie stoppen	Die Jalousie stoppt die Fahrbewegung und bleibt in der aktuellen Position stehen
Licht ein	Das Licht schaltet sich ein
Licht aus	Das Licht schaltet sich aus
Türöffner auf	Der Magnetschalter des Türschlosses öffnet sich

### 5.3.2 Sprachbefehlskonzept

In der Regel wird es mehrere Aktoren in unterschiedlichen Räumen geben. Gemäß Skizze in 5.1., Abb. 16, sieht die Verteilung in der für die Arbeit getroffenen Annahme folgendermaßen aus:

Fenster:	2 im Wohnzimmer 1 im Schlafzimmer
Jalousien:	2 im Wohnzimmer 1 im Schlafzimmer
Licht:	1 im Wohnzimmer 1 im Schlafzimmer 1 im Vorraum
Türöffner:	1 im Vorraum

Ein einziges Befehlswort reicht nicht aus um den gewünschten Empfänger gezielt zu adressieren. „Fenster Öffnen“ würde in unserem Fall den gewünschten Aktor nicht eindeutig identifizieren. Für die Wahl der Spracherkennung bedeutet das, dass die Erkennung von Phrasen möglich sein muss. Für den Benutzer folgt daraus, dass er bei der Befehlsgabe gewisse Regeln beachten muss. Eine Variante wäre z.B. die Empfänger durczunummerieren. Die Tabelle 8 auf der folgenden Seite zeigt, wie demgemäß die Befehlsfolge für die Bedienung der einzelnen Fenster gebildet wird.

**Tabelle 8: Sprachbefehlskonzept - Nummerierung der Empfänger**

Aktor	Beschreibung	Aktion
Fenster 1	Linkes Fenster Wohnzimmer	Öffnen/Schließen
Fenster 2	Rechtes Fenster Wohnzimmer	Öffnen/Schließen
Fenster 3	Fenster Schlafzimmer	Öffnen/Schließen

Das Sprachkommando „Fenster 1 Öffnen“ würde dann beispielsweise das linke Fenster im Wohnzimmer eindeutig ansprechen.

Um für den Benutzer das Auswendiglernen zu vermeiden, ist es praktikabler, die Verbraucher nach einem festgelegten, logischen Schema anzusprechen, z.B.:

**Tabelle 9: Sprachbefehlskonzept – festgelegte Abfolge**

Raum	Aktor	Nummer	Aktion
Wohnzimmer	Fenster	1	Öffnen/Schließen
Wohnzimmer	Fenster	2	Öffnen/Schließen
Schlafzimmer	Fenster	-	Öffnen/Schließen

Der Benutzer benennt zuerst den Raum, dann den Aktor, dann gegebenenfalls die Nummer (im Fall von mehreren Verbrauchern gleichen Namens) und zum Schluss die gewünschte Aktion.

Die Spracheingabe zum Öffnen des linken Fensters im Wohnzimmer würde nach dieser Notation lauten: „Wohnzimmer Fenster 1 Öffnen“.

Einen Sonderstatus soll der „Stopp“-Befehl einnehmen. Um das Öffnen/Schließen eines Fensters oder das Heben/Senken einer Jalousie zu stoppen, soll ein einfaches „Stopp“-Kommando genügen. Damit ist sichergestellt, dass ein Vorgang sofort und mit einem intuitiven Befehlswort gestoppt werden kann und der Benutzer nicht erst eine festgelegte Befehlswortabfolge aufsagen muss. Für die Konfiguration bedeutet dies, dass der „Stopp“-Befehl immer an alle potentiellen Aktoren (Fenster, Jalousien) gesendet werden muss.

Zusätzlich können noch Sprachbefehle modelliert werden, die das gleichzeitige Ansprechen von mehreren Aktoren ermöglichen. So könnte beispielsweise ein „Gute-Nacht“-Befehl das Ausschalten sämtlicher Lichter auslösen.

### 5.3.3 Eigenschaften der sprachgesteuerten Fernbedienung

Anforderung: Die sprachgesteuerte Fernbedienung soll mit dem Benutzer „**kommunizieren**“. Der Benutzer soll Rückmeldung bekommen, ob ein Sprachbefehl erkannt wurde.

Spezifikation: Der Dialog mit dem Benutzer erfolgt auf zwei Wegen:

- Akustisch – über einen Lautsprecher erhält der Benutzer Rückmeldung, wenn eine Spracheingabe nicht erkannt wurde
- Visuell - ein erkannter Befehl wird zur Kontrolle auf einem Display zur Anzeige gebracht

Anforderung: Die sprachgesteuerte Fernbedienung soll **immer betriebsbereit** sein, eine Befehlseingabe soll zu jedem Zeitpunkt möglich sein. Dies beinhaltet:

- eine lange Bereitschaftszeit
- Das gering halten des Stromverbrauchs durch Verwendung stromeffizienter Bauteile und durch Berücksichtigung bei der Software durch einfache Erkennungsalgorithmen
- Energieversorgung über handelsübliche Batterien oder Akkus (auswechselbar, aufladbar)

Gleichzeitig soll laut Anforderung zu jeder Zeit eine Befehlseingabe möglich sein (permanentes Mithören): um trotzdem die Anforderungen an Energieeffizienz zu erfüllen, soll die Fernbedienung durch einen Tastendruck oder ein Schlüsselwort aus dem Standby-Modus geholt werden können.

Anforderung: Das Gerät soll **portabel** sein, der Benutzer muss die Fernbedienung bei einem Wechsel des Aufenthaltsorts in der Wohnung mitnehmen können.

Spezifikation: Die Fernbedienung muss als Stand-Alone-Lösung umgesetzt werden. Zudem muss sie ein geringes Gewicht, nicht zu große Abmessungen sowie Fixiermöglichkeiten am Rollstuhl bzw. an einer Gehilfe aufweisen.

Anforderung: Die sprachgesteuerte Fernbedienung soll mit **geringem Installationsaufwand** in bestehende intelligente Wohnumgebungen implementierbar sein.

Spezifikation: Dies beinhaltet universelle Schnittstellen, im vorliegenden Fall die Wahl einer verbreiteten Funktechnik (vgl. Kap. 5.4.2).

## 5.4 Grundlegende Entscheidungen über verwendete Technologien

Aus dem zentralen Steuerungskonzept ergeben sich im Wesentlichen drei Komponenten im Gesamtsystem mit folgenden Aufgaben:

### 5.4.1 Spracherkennung

Anforderung: Die Fernbedienung soll mit Sprache zu bedienen sein. Eine gute Spracherkennung muss gewährleistet sein.

Spezifikation: In den Grundlagen zur Spracherkennung in Kap. 3.1. beschrieb der Autor die Unterteilung in sprecherabhängige und sprecherunabhängige Systeme. Sprecherabhängige Systeme erkennen nur einen bestimmten Sprecher und erfordern ein einmaliges Training, dafür zeichnen sie sich durch eine hohe Genauigkeit bei der Erkennung aus. Um die Anforderung nach einer zuverlässigen Erkennung zu erfüllen, wird im vorliegenden Projekt eine sprecherabhängige Spracherkennung realisiert.

Anforderung: Erkennung von diskreten Einzelworten bzw. von aus Einzelworten zusammengesetzten Phrasen (vgl. Sprachbefehlskonzept in Kap. 5.3.2).

Spezifikation: Ein weiterer Klassifikator bei Spracherkennungssystemen ist die Form der Äußerung (Einzelworterkennung oder kontinuierliche Sprache). Für die obige Anforderung muss das System die Erkennung isolierter Wörter können.

Entscheidung: Die Spracherkennung wird über ein Spracherkennungsmodul realisiert. Im Kapitel 3.2 dieser Arbeit hat der Autor den Stand der Technik recherchiert und verfügbare Lösungen in einer Übersicht dargestellt.

Für die Erstellung des Prototypen fiel die Wahl auf einen Bausatz der Firma Sensory, dem weltweit führenden Hersteller von Spracherkennungslösungen. Das Spracherkennungsmodul VD364<sup>14</sup> ermöglicht die sprecherabhängige Erkennung von bis zu 60 Kommandos. Dieser Wortschatz ist für die geplante Anwendung mehr als ausreichend.

Das Modul hat 8 Ausgänge, bei Aktivität wird der entsprechende Ausgang für eine Sekunde auf High geschaltet. Zur Kommunikation mit dem Benutzer hat es vordefinierte Sprachausgaben. Das Modul ist nicht programmierbar. Die Betriebsspannung beträgt 5V, die maximale Stromaufnahme im Betrieb liegt bei 100mA.

### 5.4.2 Funkübertragung

Im Kapitel 3.3 stellte der Autor Funkstandards vor, die für einen Einsatz in einer Fernbedienung prinzipiell denkbar wären. Auf Basis der Anforderungen aus Kapitel 4.5

---

<sup>14</sup> VD364 – Voice Direct – Spracherkennungsmodul mit RSC364 Mikrocontroller

soll hier entschieden werden, welche Technologie sich für den Einsatz in der sprachgesteuerten Fernbedienung am besten eignet.

Anforderung 1: Die Fernbedienung soll elektrische Anlagen einer mittelgroßen Wohnung steuern können, unabhängig davon, in welchem Raum der Benutzer sich gerade aufhält.

Dies beinhaltet: Eine zuverlässige Übertragung muss gewährleistet sein. Die Reichweite soll sich über das Umfeld einer mittelgroßen Wohnung erstrecken.

Spezifikation: Durch das Steuerungskonzept wurde die Funkstrecke definiert, diese geht von der Fernbedienung zur zentralen Steuereinheit. Unter der Annahme einer max. 30\*40 Meter großen Wohnung und einer zentral angebrachten Steuerung beträgt der Abstand, den die Fernbedienung zur Zentrale haben kann, maximal 20 bis 30 Meter.

Anforderung 2: Die Fernbedienung soll mit geringem Aufwand in eine bestehende intelligente Wohnumgebung implementierbar sein.

Dies beinhaltet: Einsatz universeller Schnittstellen, in diesem Fall die Wahl eines in der Hausautomation gängigen Funkstandards.

Spezifikation: Zum Einsatz kommt ein Sende- und Empfangsmodulset, das extern erzeugte Daten hochfrequent moduliert. Als Eingangssignal braucht der Sender ein Rechtecksignal (Manchester Codierung). Die Übertragung erfolgt im 70 cm ISM-Band auf 433 MHz, als Modulationsverfahren wird Amplitudenmodulation verwendet. Die Reichweite im Innenbereich beträgt 30m.

### 5.4.3 Mikrocontroller

In die Fernbedienung wird ein Mikrocontroller integriert, der folgende Aufgaben übernimmt:

- Steuerung des Spracherkennungsmoduls
- Umwandlung des parallelen Signals vom Spracherkennungsmodul in ein serielles Signal für den Sender
- Ausgabe des erkannten Befehls an das Display

Der Mikrocontroller muss die in Kapitel 4 gestellten Anforderungen an Energieeffizienz erfüllen. Der Autor verwendete für die vorliegende Untersuchung ein Mikrocontrollerboard, das in der Ausbildung an der Höheren Technischen Lehranstalt TGM<sup>15</sup> eingesetzt wird und mit einem Infineon 80C517A bestückt ist. Dieser stellt die konsequente Weiterentwicklung der bekannten Siemens-Controller 80C517 und 80C537 dar und ist gegenüber seinen Vorgängern um einige Peripheriekomplexe (10bit Analog/Digital-Wandler, 2 Kbyte „On-Chip“ XRAM, zusätzliche Interruptquellen) erweitert worden.

---

<sup>15</sup> HTL TGM – Höhere Technische Lehranstalt, TGM – die Schule der Technik, Wien, [www.tgm.ac.at](http://www.tgm.ac.at)

Durch den Einsatz konfigurierbarer Stromspar-Modi lässt sich der Stromverbrauch im Power-Down-Mode auf 50µA reduzieren. Aus diesem Grund eignet sich der Prozessor hervorragend für den Einsatz in batterieunterstützten Systemen [RIED00].

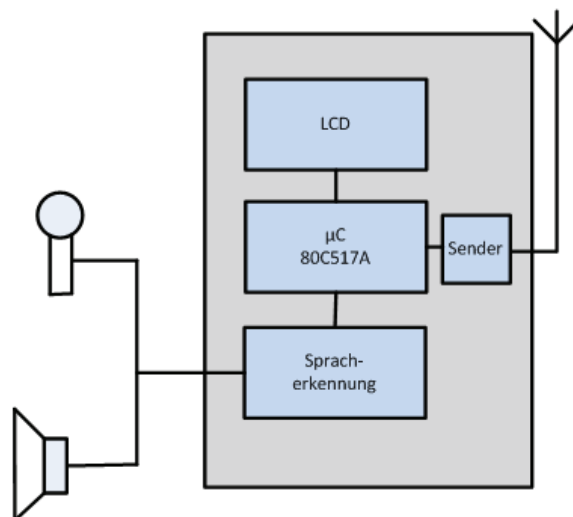


## 6 Realisierung

Im folgenden Kapitel wird der Entwurf aus dem vorangegangenen Kapitel umgesetzt und ein Prototyp erstellt. Zunächst soll anhand eines Blockschaltbildes das Zusammenspiel der Komponenten veranschaulicht werden. Danach erfolgt die Auswahl der Hardware, die Erstellung des Schaltungsentwurfs und die Fertigung eines Prototypen. Nach Programmierung und Test wird in einem abschließenden Fazit die vorliegende Lösung evaluiert.

### 6.1 Blockschaltbild

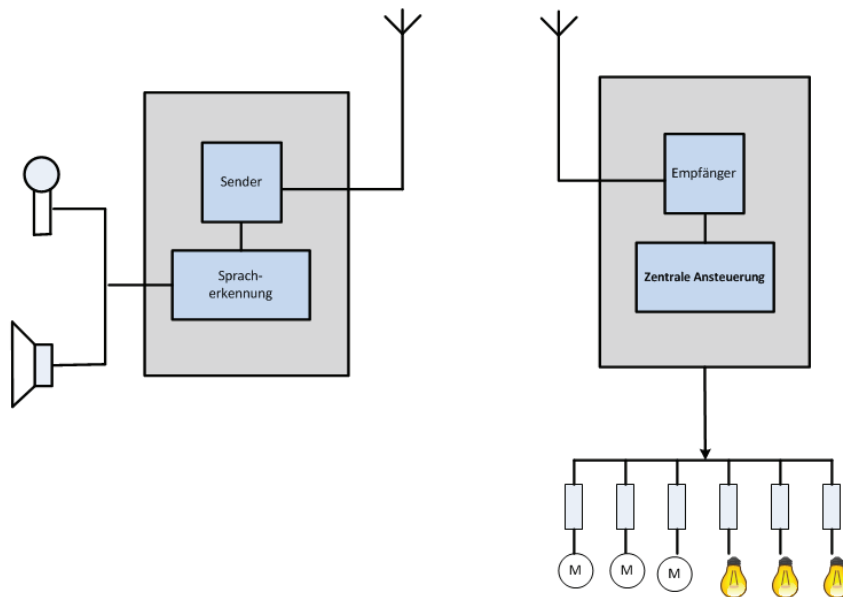
Die folgende Abbildung zeigt das Blockschaltbild als Ergebnis des in Kapitel 5 erstellten Entwurfs.



**Abbildung 17: Blockschaltbild Fernbedienung**

Den Kern bildet ein Mikrocontroller, der die nötigen Schnittstellen zu den anderen Komponenten enthält. Dies sind ein Spracherkennungsmodul mit Lautsprecher und Mikrofon, ein LCD Display und der Funksender.

Die folgende Abbildung ruft nochmals die Einbettung in das Gesamtsystem in Erinnerung.



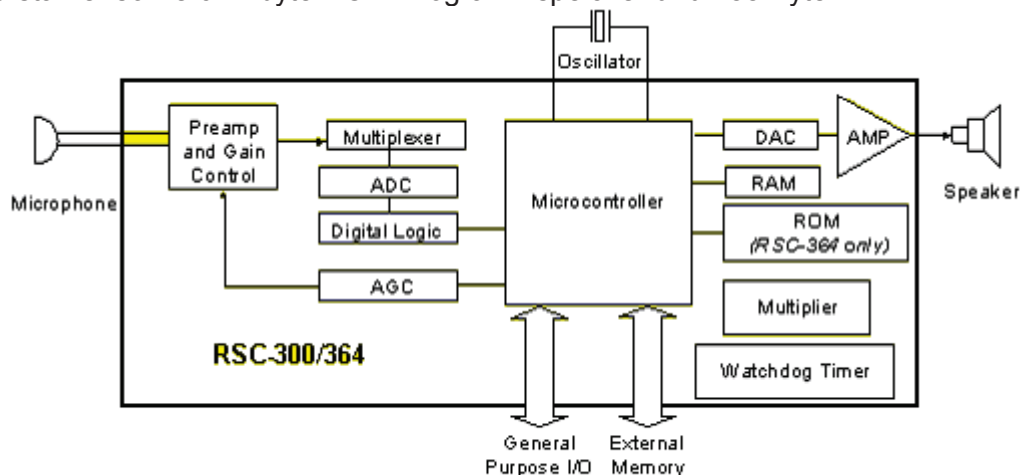
**Abbildung 18: Blockschaltbild Gesamtsystem**

Die Fernbedienung überträgt das Signal per Funk zu einer Steuerzentrale, dort erfolgt die Zuordnung zum angesprochenen Empfänger und die Ausgabe des Steuersignals. (vgl. Kap. 6.4 Programmierung und Test)

## 6.2 Auswahl der Hardware

### 6.2.1 Spracherkennungsmodul VD364

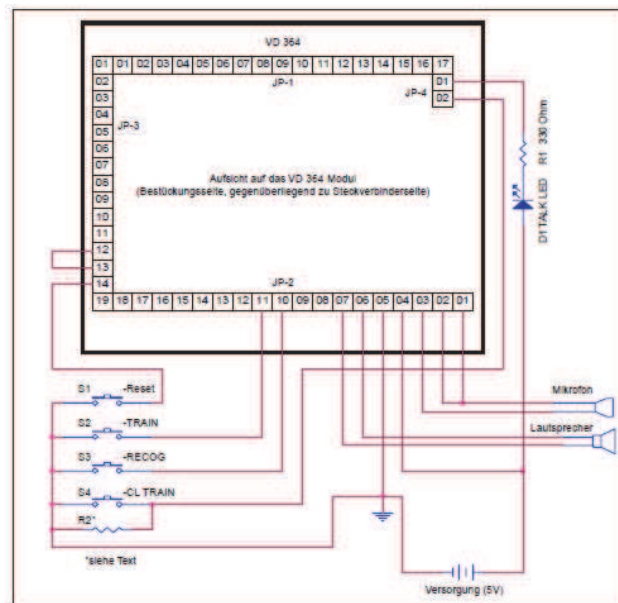
Kernstück des Moduls ist der RSC364 8 Bit Mikrocontroller mit integriertem A/D-Wandler, Vorverstärker sowie 64 Kbyte ROM Programmspeicher und 488 Byte RAM.



**Abbildung 19: Blockdiagramm RSC364 Mikrocontroller**

Die Spracherkennung erfolgt durch Mustervergleich. Jedes Wort muss vorher „trainiert“ werden. Während des Trainings erzeugt das Modul Sprachmuster, welche die signifikanten Sprachmerkmale repräsentieren und legt diese in einem externen ROM (8Kbyte EEPROM) ab. Beim Erkennungsvorgang wird ein neues Muster produziert und mit den gespeicherten Mustern verglichen. Bei hinreichender Übereinstimmung erfolgt die Freischaltung der Ausgangspins.

Das Modul ist auf einer 560 x 470mm Platine untergebracht. Die Ein- und Ausgänge werden über vier Steckverbinderleisten (JP1 bis JP4) herausgeführt.



**Abbildung 20: Pinbelegung Spracherkennungsmodul**

#### *Ausgänge*

JP-2....Ausgänge für Lautsprecher (Pin 6 und 7) und Daten (Pin 12-19)

#### *Eingänge*

JP-2....für Mikrofon (Pin 1-3), Spannungsversorgung (Pin 4 und 5),

Bedientaster (Pin 10 und 11)

JP-3....für Reset-Taster (Pin 14), Modusauswahl: Stand-Alone- oder Host-Modus (Pin 13)

JP-4...Pin 1 und 2 für Erkennung über ein Schlüsselwort (CL-Continuous Listening)

Für die Eingabe eines Wortes oder einer Phrase stellt das Modul ein Zeitfenster von 2,5 Sek. Länge zur Verfügung. Für Trainings- und WiedergabeprozEDUREN enthält es integrierte Sprachrückmeldungen (Prompts).

## 6.2.2 Mikrofon

Aufgabe: Aufnehmen des Sprachsignals aus nächster Nähe

Spezifikation:

- Mikrofonkapsel (Electret-Kondensatormikrofon, omnidirektional)

- Minimale Empfindlichkeit von -60dB

Anschlüsse:

- 1....+, 2....NF, 3....Masse

Montage:

- Möglichst nah an Gehäuseoberfläche
- Kein Luftraum zwischen Gehäuse und Mikrofon, da akustische Resonanz
- Akustisch isolieren mit Gummi, Schaumstoff od.ä.

### 6.2.3 Lautsprecher

Aufgabe: Dialog mit Benutzer während des „Trainings“ bzw. bei der Befehlseingabe

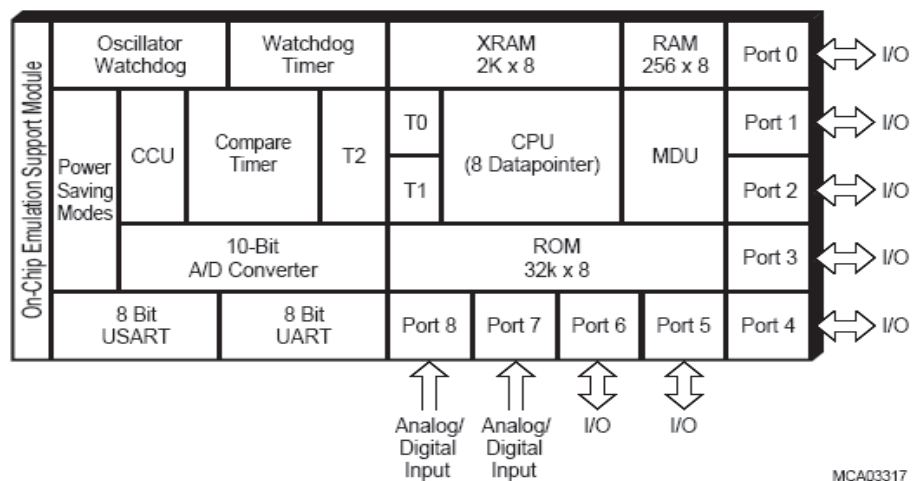
Spezifikation: Durchmesser ca. 6cm

Impedanz 8  $\Omega$

Anschlussleitung <6cm

### 6.2.4 Mikrocontroller

Blockdiagramm des 80C517A Mikrocontrollers:



**Abbildung 21: Blockschaltbild 80C517A**

CPU: 8-bit CPU von Siemens, getaktet mit 12 MHz

Zentralspeicher:

- 32 Kbyte internes maskenprogrammierbares ROM (Programmspeicher)
- 256 Byte RAM für Daten
- Zusätzlich 2 Kbyte „On-Chip“ XRAM

Die den I/O-Bausteinen zugeordneten Steuer- und Datenregister sind in einem Block von 256 Bytes zusammengefasst (Special Function Register SFR).

## I/O-Bausteine

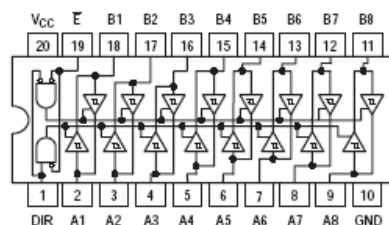
- 7 Parallel-Ports (P0...P6), die wahlweise für Ein- oder Ausgabe konfiguriert werden können (bidirektional)
- 2 Eingabe-Ports (P7 und P8) für den Anschluss von analogen Signalen auf den 10-Bit Analog-Digital-Umsetzer
- 2 serielle Schnittstellen: S0 und S1: Beide können im Duplex-Betrieb arbeiten (gleichzeitig empfangen und senden). Jeder Kanal hat einen eigenen Baudratengenerator. Beide Schnittstellen können synchron oder asynchron, d.h. mit oder ohne Taktsignal, übertragen.
- 4 Timer-Baugruppen
- Multiplikations/Divisionseinheit für eine schnellere Berechnung von 16 Bit langen Integerzahlen
- Watchdog Timer zur Überwachung des Programmablaufs [MuWa02]

### 6.2.5 Bus-Transceiver

Um das Spracherkennungsmodul mit dem 8-bit Mikroprozessorbus zu verbinden, kommt ein Bustreiber zum Einsatz. Der SN74LS245 ist ein bidirektionaler Bus-Treiberbaustein, mit einer Informationsbreite von 8 Bit. Aufgaben eines Bus-Treibers:

- An-und Abschalten der angeschlossenen Funktionseinheiten am Bus
- Durchschalten der gewünschten Übertragungsrichtung bei bidirektionalen Busanschlüssen
- Erhöhung des Fan-Out (Anschlusskapazität) eines Busses

Bustreiber sind heute in der Regel Gatter mit Tri-State-Ausgang: Der dritte Zustand (Z-State) ist ein hochohmiger Zustand. Die Umschaltung des Z-State erfolgt mit einem Enable-Steuersignal.



**Abbildung 22: Bidirektionaler Treiber**

Der Datenaustausch erfolgt bidirektional; Daten können sowohl gelesen als auch geschrieben werden. Der Steuereingang "DIR" dient zur Programmierung dieser Funktion:

DIR = „0“      Datenweg B → A  
DIR = „1“      Datenweg A → B

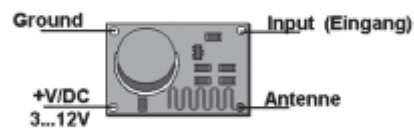
## 6.2.6 Funkübertragungsmodul

Für die Fertigung des Prototypen wählte der Autor einen handelsüblichen Sender/Empfänger-Bausatz in kompakter Bauweise.

Technische Daten Sender:

- Sendefrequenz: 433,92 MHz
- HF-Modulation: AM
- Betriebsspannung: 3 bis 12 V/DC
- Stromaufnahme: ca. 2 bis 10 mA (je nach Eingangssignal)
- Bandbreite: ca. 2 kHz
- Ausgangsleistung: <10 mW
- Eingangssignal: Rechtecksignal (Manchester Codierung)
- Betriebstemperatur: 20 bis 70°C
- Abmessungen (L x B x H): 20,5 x 14,5 x 5 mm
- Reichweite Innenbereich: 30m

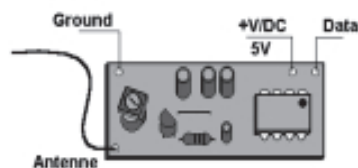
Anschlussbelegung Sender



Technische Daten Empfänger:

- Empfangsfrequenz: 433,92 MHz ± 75 kHz
- Betriebsspannung: 5 V/DC
- Stromaufnahme: 1 mA
- Ausgangssignal: Hi +0,8 V; Lo 0 V
- Betriebstemperatur: -20 bis 70°C
- Abmessungen: (L x B x H) 45 x 20 x 15,5 mm

Anschlussbelegung Empfänger



Manchester Codierung: der Takt wird durch Signalwechsel innerhalb des einzelnen Bits erzeugt. Durch die Darstellung eines einzelnen Bits durch ein 2-bit-Wort entstehen 4

Codewörter. Die logische Null wird hierbei als 10, die logische 1 als 01 codiert. Die Codewörter 00 und 11 sind redundant und werden nicht genutzt.

Bei der Manchester-Codierung wird der Zustand als Änderung beschrieben: Die steigende Flanke repräsentiert 01, die fallende Flanke repräsentiert 10. Die Information steckt in der zweiten Hälfte des Bits.

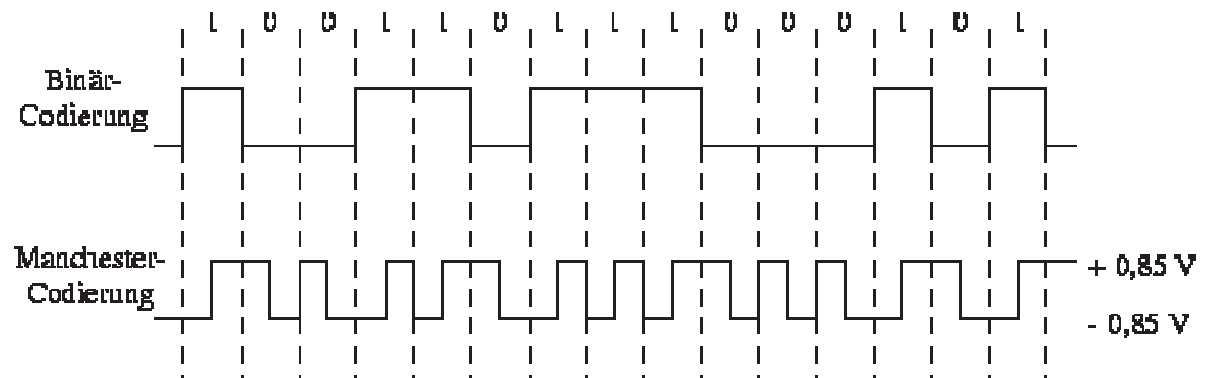


Abbildung 23: Manchester Codierung

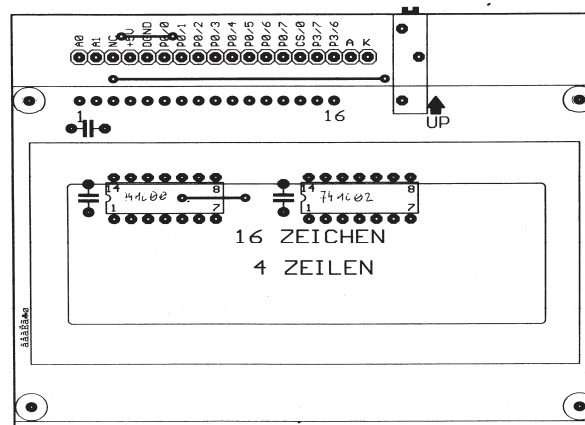
## 6.2.7 LCD-Modul

Anforderung: Ausgabe des erkannten Sprachbefehls am Display.

Technische Daten:

- 16 Zeichen, 4 Zeilen
- LED hintergrundbeleuchtet
- Abmessungen: Aussenmaß: 87 x 60 x 10 (BxHxT mm)
- Sichtbare Fläche 61,8 x 25,2 mm
- Versorgungsspannung: 5 V

Anschlussbelegung des LCD-Moduls



Außer der Versorgungsspannung von 5V gibt es einen Eingang zur Steuerung der Helligkeit, sowie 8 Datenanschlüsse (Port0). Weiters hat das LCD-Modul folgende 3 Eingänge für Steuersignale:

- Enable an Pin CS/0
  - o Mit der H/L-Flanke von Enable werden die an den Datenanschlüssen anliegenden Werte übernommen bzw. ausgegeben.
- Register Select an Pin P3/6:
  - o RS=L Steuerregister
  - o RS=H Datenspeicher
- R/#W Dateneinrichtung an Pin P3/7:
  - o Steuer- oder Datenregister können beschrieben (R/#W=L) oder ausgelesen werden (R/#W=H).

## 6.2.8 Spannungsversorgung

Aus der Analyse vorhandener Lösungen hat sich gezeigt, dass auf einen möglichst geringen Stromverbrauch besonderes Augenmerk zu legen ist.

Die folgende Tabelle zeigt den Strombedarf aller in der Fernbedienung verbauten Bauteile.

**Tabelle 10: Strombedarf aller verwendeten Baugruppen**

Bauteil	Strombedarf in Ruhe	Strombedarf im Betrieb	Art des Bedarfs
VD364	4mA	37mA	typisch
SN74LS245	20µA	20µA	maximal
JM164A	2mA	2,7mA	typisch
HF-Sender	2mA	10mA	maximal
LM7805C	1,3mA	1,3mA	maximal
80C517A	24mA	28mA	typisch
Gesamt	ca. 33,02mA	ca. 79,02mA	



Zur Energieversorgung sollen AA-Batterien oder handelsübliche Akkus (NiMH - Nickel-Metallhydrid-Akku bzw. Li-Ion - Lithium-Ionen-Akku) zum Einsatz kommen.

Der Spannungsbedarf für das Spracherkennungsmodul und das LCD-Display betragen je 5V, für den HF-Sender werden 3-9V benötigt. Um den Bauteilen eine stabile Spannung zur Verfügung zu stellen, wird die Spannungsversorgung mit einem Festspannungsregler der Serie 7805 und mit Stützkondensatoren stabilisiert.

### 6.2.9 Integration in die bestehende Hardware

Für die Fertigung des Prototypen orientierte sich der Autor an den Abmessungen des Mikrocontrollerboards (200\*130mm), um die beiden Platinen aufeinander aufsetzen zu können. Die zu fertigende Platine muss das Spracherkennungsmodul, das Display und den Funksender sowie Mikrofon, Lautsprecher und die Komponenten zur Spannungsversorgung aufnehmen.

An die Eingänge des Spracherkennungsmoduls werden das Mikrofon, der Lautsprecher und die Bedientaster angeschlossen, die 8 digitalen Ausgänge (Pin 12-19) werden über einen Bustreiber mit dem Mikrocontroller verbunden. Über die serielle Schnittstelle des Mikrocontrollers werden die Daten an den Eingang des HF- Senders geleitet. Der Anschluss des LCD-Moduls erfolgt über einen Parallel-Port des Mikrocontrollers.

Schlussendlich werden die Komponenten an die Versorgungsspannung angeschlossen. Der Sender wird mit 9V versorgt, die übrigen Komponenten mit 5V.

## 6.3 Schaltungsentwurf

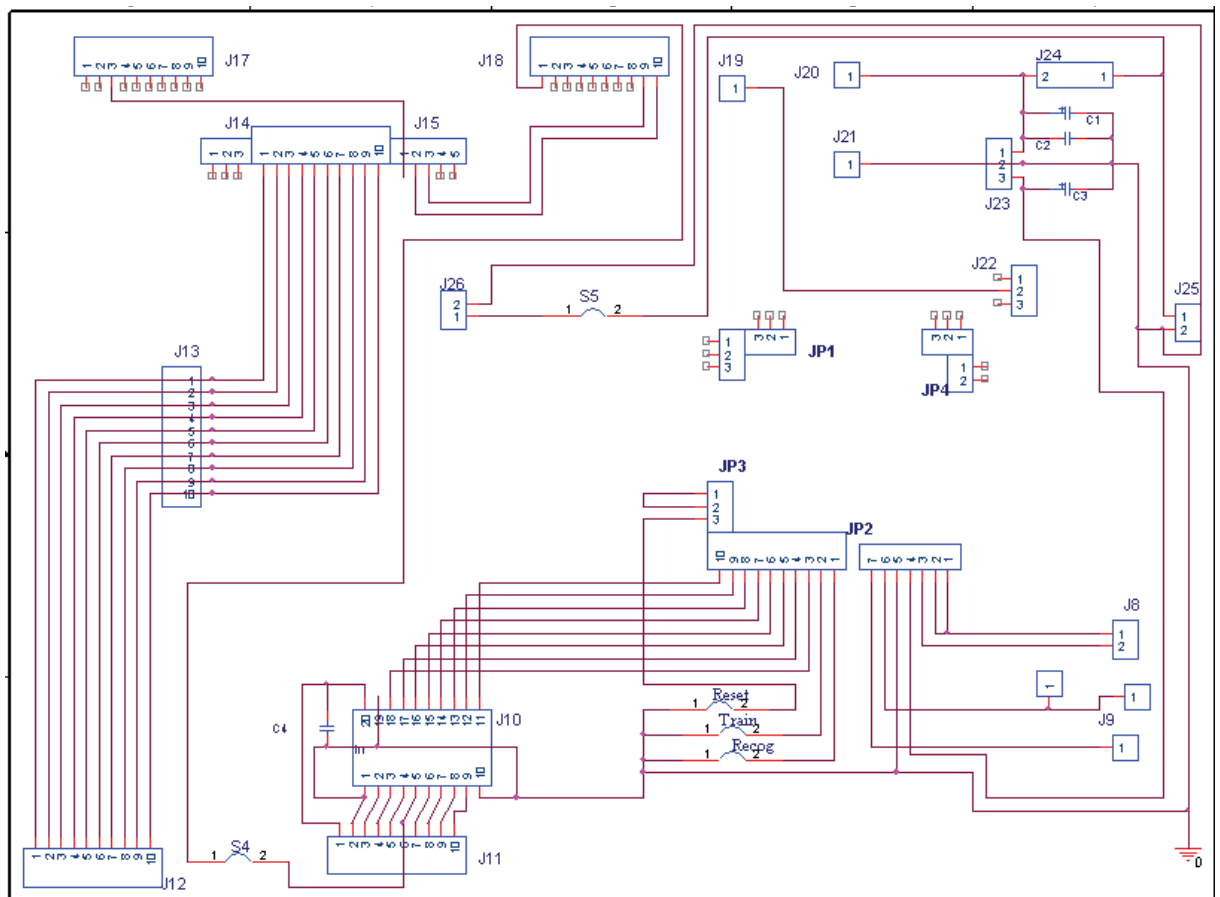
Der Schaltplan sowie die Designunterlagen (Layout, Bohrplan, Bestückungsplan) für die Fertigung des Prints wurden mit OrCAD<sup>16</sup> erstellt. Die Software enthält das Programm OrCAD Capture für die Erstellung eines Schaltplans. Der integrierte Schaltungssimulator PSpice erlaubt das Simulieren der Schaltung. Das Platzieren der Bauteile und das Erstellen des Layouts sowie des Bohr- und Bestückungsplans erfolgte mit dem Programm OrCAD Layout.

Die Abbildung auf der nächsten Seite zeigt den fertigen Schaltplan.

Die übrigen Unterlagen (Layout, Bohr- und Bestückungsplan sowie Stückliste) befinden sich in Anlage A.

---

<sup>16</sup> OrCAD – Software, vertrieben von der Firma Cadence Design Systems, zum Entwickeln von elektronischen Schaltungen.



**Abbildung 25: Schaltplan sprachgesteuerte Fernbedienung**

### 6.3.1 Baugruppen und ihre Bezeichnungen im Schaltplan

Die folgende Aufstellung ordnet den Bauteilen die Referenzen, die im Schaltplan verwendet wurden, zu:

**Tabelle 11: Bauteile und ihre Referenzen im Schaltplan**

JP1 – JP 4	Spracherkennungsmodul
J8	Mikrofonanschluss
J9	Lautsprecheranschluss
J10	8-fach Bustransceiver
J11, J12, J13, J17, J18	Anschlüsse Parallelports
J14, J15	Anschlüsse LCD-Modul
J19 – J21	HF-Sender
J22	Anschluss an serielle Schnittstelle
J23	Spannungsregler
J24	Sicherung
J25, J26	Anschlüsse für Spannungsversorgung
S4	Stopp-Taster
S5	Ein/Aus-Schalter für Spannung
Reset, Train, Recog	Bedientaster

### 6.3.2 Schnittstellen der Komponenten

Die folgende Skizze stellt die Schnittstellen der zu fertigenden Platine mit dem Mikrocontrollerboard dar (vgl. Blockschaltbild Kap. 6.1, Abb. 17 und Schaltplan, Abb. 22 auf der vorhergehenden Seite).

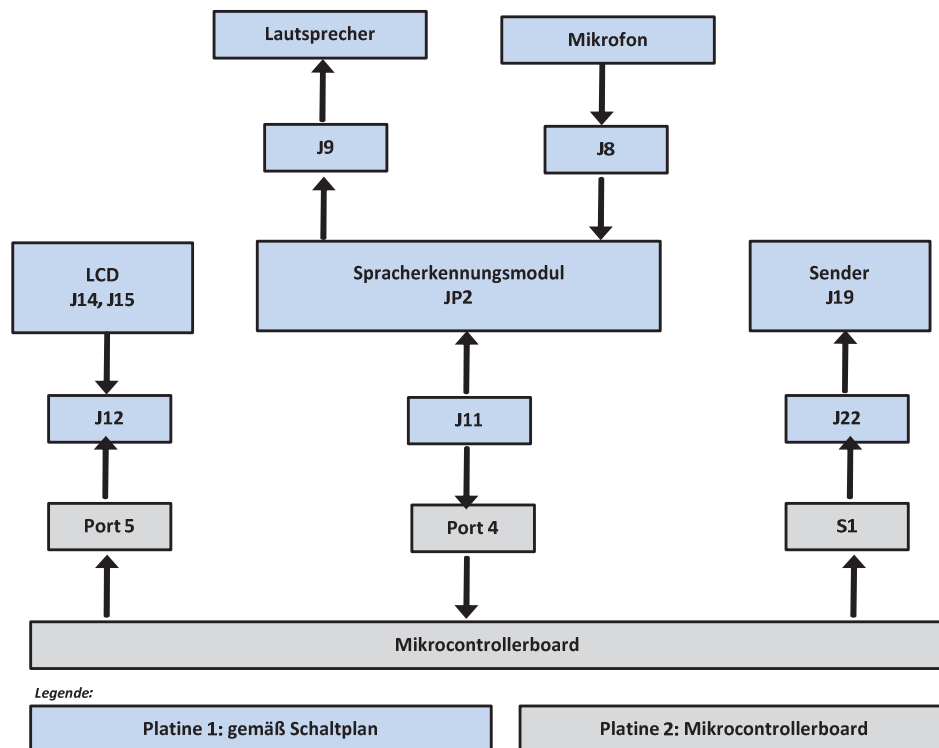
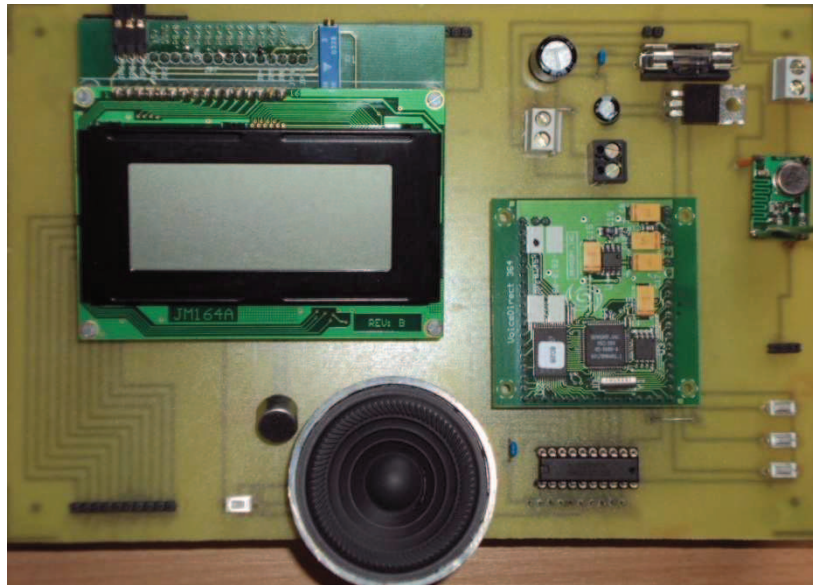


Abbildung 26: Schnittstellen der Komponenten

Blau hinterlegt sind die Ein- und Ausgänge des Spracherkennungsmoduls, des LCD-Displays und des Funksenders unter Bezug auf ihre Referenz im Schaltplan. Grau markiert sind die Schnittstellen zu den I/O-Ports sowie zur seriellen Schnittstelle S1 des Mikrocontrollerboards.

### 6.3.3 Die fertige Platine

Die folgende Abbildung zeigt den fertigen Prototyp.



**Abbildung 27: Prototyp für die sprachgesteuerte Fernbedienung**

Eine 200\*130mm Platine wurde auf die Platine des Mikrocontrollerboards aufgesetzt und enthält die übrigen Komponenten der Fernbedienung.

Im rechten Bereich befinden sich mittig das Spracherkennungsmodul, darunter der Bustreiber sowie mehrere Bedientaster. Oberhalb des Sensory-Moduls befinden sich Spannungsregler, Sicherung, passive Bauelemente sowie Steckverbinder zur wahlweisen Versorgung über Netzteil bzw. Akku. Der Funksender wurde an den äußersten rechten Rand platziert.

Der linke Teil der Platine nimmt das LCD-Display sowie den Lautsprecher und das Mikrofon auf. Da der Akku dieselben Abmessungen wie die LCD-Anzeige hat, konnte er dezent unter dem Display liegend verbaut werden.

## 6.4 Programmierung und Test

### 6.4.1 Funktionsumfang der Software

Erkennt das Sprachmodul einen Befehl, gibt es ein paralleles 8-bit-Signal aus. Über den Mikrocontroller wird das Signal an den Funksender weitergeleitet und zur Steuerzentrale übertragen. Gleichzeitig bringt der Mikrocontroller den erkannten Sprachbefehl auf der LCD zur Anzeige.

Daraus ergibt sich folgender Funktionsumfang für die Software des Mikrocontrollers:

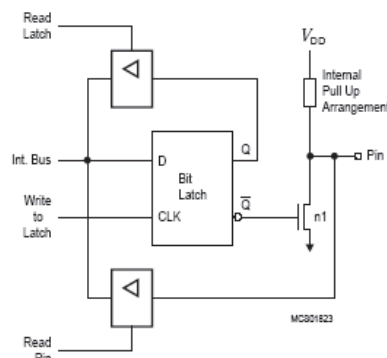
- Einlesen des Sprachbefehls über Parallel-Port
- Umwandeln in seriell Signal
- Senden über serielle Schnittstelle zum Funksender
- Ausgabe des Sprachbefehls auf das LCD-Modul

## 6.4.2 Programmierung des Mikrocontrollers

Von den Baugruppen des Mikrocontrollers wurden 2 I/O-Ports und eine serielle Schnittstelle verwendet. Die Programmierung erfolgte mit der Entwicklungsumgebung „µVision“ der Firma Keil (Source Code siehe Anlage B).

### 6.4.2.1 Digitale I/O-Ports

Wird ein Portanschluss als Ausgang verwendet, schreibt die CPU über den internen Datenbus in das zugehörige Flipflop (write latch). Dort bleibt das Bit gespeichert, bis es mit einem neuen Ausgabebefehl überschrieben wird. Der Ausgang des Flipflops steuert den Ausgangstransistor an.



**Abbildung 28: Prinzipschaltung eines Portanschlusses**

Wird ein Portanschluss als Eingang verwendet, wird der Zustand des Anschlusses direkt gelesen (read pin). Dazu muss aber vorher in das zugehörige Flipflop eine 1 geschrieben werden, da sonst der Ausgangstransistor u.U. leitend bleibt und das Eingangssignal nach Masse kurzschließt. Nach einem Reset sind alle Port-Flipflops auf 1 gesetzt.

Im vorliegenden Projekt wird das Signal des Sprachmoduls von Port 4 eingelesen.

```
P4 = 0x00;          /* Initialisierung Port 4 */
while(1)            /* Endlosschleife */
{
    zeichen = P4;    /*Eingabe eines Zeichens*/
```

Ansteuerung des Displays: Die LCD-Anzeige enthält Steuerregister (ausgewählt mit RS=L) und einen Datenspeicher (ausgewählt mit RS=H).

Steuer- oder Datenregister können beschrieben (R/#W=L) oder ausgelesen werden (R/#W=H). Mit der H/L-Flanke von Enable werden die an den Datenanschlüssen anliegenden Werte übernommen bzw. ausgegeben (vgl. Kap. 6.2.7).

Eine Ansteuerung der LCD verläuft immer nach folgendem Schema:

- RS und R/#W einstellen
- Enable aktivieren
- Daten an P0 ausgeben oder lesen
- Enable deaktivieren

Funktion PrintLCD aus Header-Datei (LcdBus):

```
if (P4==0x01)
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P4==0x02)
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text1);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
```

#### 6.4.2.2 Programmierung der seriellen Schnittstelle S1

Zur Asynchronübertragung (ohne Taktsignal) eines Zeichens verwendet der Autor die serielle Schnittstelle S1. Es sind zwei Betriebsarten möglich [MuWa02]:

Mode A: 9-bit UART

Es werden 1 Startbit, 8 Datenbits, 1 programmierbares neuntes Bit und 1 Stopbit übertragen

Mode B: 8-bit UART

Es werden 1 Startbit, 8 Datenbits (LSB – least significant bit - zuerst), und 1 Stopbit übertragen

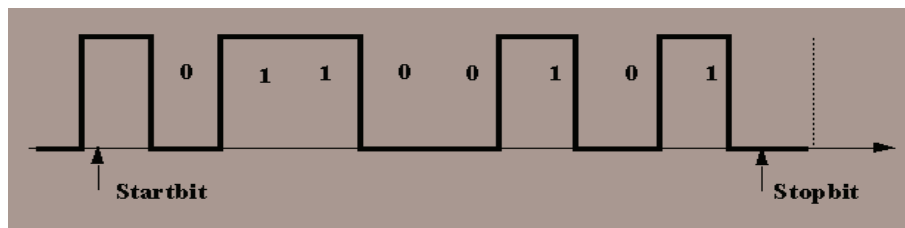


Abbildung 29: Asynchronübertragung eines Zeichens

Die Übertragung wird durch einen Schreibzyklus in S1/BUF gestartet, die Steuerung erfolgt über die Adresse S1CON. Nach dem Senden wird Interrupt angefordert (TI1), dieser wird gesetzt beim Beginn des Stoppbits und muss durch die Software gelöscht werden:

```
while(1)
{
    zeichen = P4;    //Eingabe eines Zeichens
    S1BUF = zeichen; //Ausgabe und Start der Übertragung
```

```

while(! (S1CON&0x02));
    //xxxx xxTI1x & 00000010 ist 0 wenn TI1=0
    //xxxx xxTI1x & 00000010) ist 1 wenn TI1=1
S1CON &=0xFD;//Rücksetzen von TI1 mit Maske 1111 1101
for(i=0;i<1000;i++); //Zeitverzögerung
}

```

### 6.4.3 Testumgebung

Um die erfolgreiche Übertragung des Sprachbefehls zu testen, verwendete der Autor ein zweites Mikrocontrollerboard (ebenfalls mit einem 80C517A bestückt). Er schloss daran den Funkempfänger über die serielle Schnittstelle an. Weiters schrieb er ein Testprogramm, um das Verhalten der zentralen Steuereinheit zu simulieren.

Der Mikrocontroller der Steuerzentrale liest das empfangene Signal als seriellen Datenstrom ein und gibt es parallel auf ein Port aus. Dort erfolgt die Abfrage des Zustands, abhängig von der Auswertung wird das Signal an das für den jeweiligen Empfänger bestimmte Ausgangsport gelegt. Dies könnte ein Schaltsignal, ein mit dem Timer erzeugtes pulswidenmoduliertes Signal od.ä. sein (Source Code siehe Anlage B).

## 6.5 Fazit

Es ist ein Prototyp für eine sprachgesteuerte Fernbedienung entstanden, der die in Kapitel 4 gestellten Anforderungen grundsätzlich erfüllen kann und den Entwurfsentscheidungen aus Kapitel 5 weitgehend entspricht.

Die sprachgesteuerte Fernbedienung erkennt Sprachbefehle bzw. kurze Phrasen, wie z.B. „Wohnzimmer Licht ein“. Sie überträgt diese per Funk unabhängig vom aktuellen Aufenthaltsort des Benutzers zur zentralen Steuereinheit. Das System kommuniziert mit dem Benutzer, er erhält Rückmeldung, falls eine Spracheingabe nicht erkannt wurde bzw. gibt den Sprachbefehl am Display aus wenn er erkannt wurde. Das Gerät ist „always on“, d.h. eine Befehlseingabe ist zu jeder Zeit möglich.

Der Prototyp liefert ein überprüfbares Resultat hinsichtlich der Richtigkeit der Anforderungen. So hat sich z.B. die Anforderung „Die Fernbedienung soll immer betriebsbereit sein, sie soll permanent mithören“ als widersprüchlich erwiesen. Der erste Teil beinhaltet den Auftrag auf Energieeffizienz zu achten, der zweite Teil steht dem diametral entgegen.

Durch den Prototyp erhält der Autor rasch ein aussagekräftiges Feedback über etwaige Schwachpunkte bzw. erforderliche Korrekturmaßnahmen. Diese beschreibt der Autor im nächsten - und zugleich letzten - Kapitel. In diesem fasst er den Inhalt der Arbeit zusammen. Danach präsentiert er die Ergebnisse und bewertet die erreichten Ziele. Mit einem Ausblick schließt er die Arbeit ab.

## 7 Ergebnisse und Ausblick

Im abschließenden Kapitel wird zunächst der Inhalt zusammengefasst. Anschließend werden die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit präsentiert und einer Bewertung aus Sicht des Autors unterzogen. Ein Ausblick zeigt Weiterentwicklungspotenziale auf und gibt Empfehlungen für fortsetzende Arbeiten.

### 7.1 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war eine Untersuchung zum Aufbau einer sprachgesteuerten Fernbedienung, die es ermöglicht, ausgewählte elektrische Anlagen einer Wohnung per Sprache zu steuern. Die Untersuchung erfolgt vor dem Hintergrund, körperbehinderten Menschen die selbstständige Bewältigung des Alltags im Wohnumfeld zu erleichtern, indem elektrische Anlagen und Geräte einer Wohnung, wie z.B. Licht, Jalousien, Fenster, Türöffner usw. per Sprachbefehl gesteuert werden können.

In der Einleitung führte der Autor den Leser an das Thema heran und formulierte die Zielsetzung der Arbeit. Im zweiten Kapitel stellte der Autor den Anwendungshintergrund vor. Er gab einen Einblick in intelligente Wohnumgebungen und in den Bereich der technischen Assistenzsysteme für Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen. Anhand eines möglichen Anwendungsszenarios skizzierte er die Einsatzidee für eine sprachgesteuerte Fernbedienung.

Im dritten Kapitel widmete er sich den Grundlagen. Nach einem kurzen Überblick zum Thema Spracherkennung stellte er verfügbare Lösungen vor, ebenso gab er in einer prägnanten Darstellung einen Überblick über relevante Funkübertragungstechniken. Danach eruierte er den aktuellen Stand der Technik. Er recherchierte bereits existierende Lösungen und unterzog dieser einer Analyse und Bewertung.

Im vierten Kapitel folgte die Präzisierung der Aufgabenstellung. Anhand von zwei Fallbeispielen beleuchtete er, wie eine sprachgesteuerte Fernbedienung Hilfestellung im konkreten Fall bieten kann. Der Autor erarbeitete nach Methoden des Software-Engineerings ein Anwendungsfalldiagramm, beschrieb die Use-Cases und skizzierte das Gesamtsystem. Mit einer Diskussion und darauffolgenden Definition der Anforderungen auf Basis der in Kapitel 3 und 4 gewonnenen Erkenntnisse beendete er die Analyse.

Im fünften Kapitel entwarf der Autor eine eigene Lösung. Am Beginn stand die Diskussion und Festlegung des Steuerungskonzepts. Danach erfolgte der logische Entwurf mit dem Funktionsumfang im Detail und die grundlegende Entscheidung über verwendete Technologien.

Im sechsten Kapitel erfolgte die Umsetzung des Entwurfs. Anhand eines



Blockschaltbildes wurde das Zusammenspiel der Komponenten dargestellt. Danach wählte der Autor die Hardware aus, erstellte den Schaltungsentwurf und die Designunterlagen zur Fertigung eines Prototypen. Nach dessen Programmierung und Test schloss er die Realisierung mit einem abschließenden Fazit ab.

## 7.2 Ergebnisse

Die Motivation für die Entwicklung einer eigenen Lösung entstand bei den ersten Recherchen zum Thema Spracherkennung. Der Autor stellte dabei fest, dass es für Bedarfszwecke, wie er sie in den beiden Fallbeispielen beschrieben hat, relativ wenig Produkte gibt. Gleichzeitig aber gibt es am Markt eine interessante Auswahl an leistungsfähigen Spracherkennungsmodulen. In der vorliegenden Arbeit konnte selbst mit einem preisgünstigen Basismodell den Anforderungen aus dem skizzierten Einsatzumfeld gerecht werden.

Beim Funkübertragungsset hingegen hat sich die Wahl eines günstigen Standard-Moduls als nachteilig erwiesen. In den Tests hat sich die Qualität der Übertragung als mäßig herausgestellt. Hier würde der Autor in einem weiteren Entwurf ein hochwertigeres Modul einsetzen.

In einer weiteren Bearbeitung müsste man dem Platzbedarf der Komponenten spezielles Augenmerk schenken. Soll die sprachgesteuerte Fernbedienung das Format einer üblichen Fernbedienung erreichen, müsste zumindest die Größe des Displays deutlich reduziert werden.

Bezüglich Display hat sich gezeigt, dass es in der realisierten Form nur beschränkt Nutzen bringt. Es ist für den Benutzer zwar praktisch, eine visuelle Kontrollmöglichkeit zu haben, ob ein Befehl erkannt wurde. Auch ist es bei ähnlichen Befehlen, wo eine gewisse Verwechslungsgefahr besteht, sinnvoll, eine Rückmeldung zu haben, ob der richtige Befehl erkannt wurde. Gleichzeitig könnte dies auch irreführend sein, denn das Display bildet nur das Ergebnis der Erkennung ab, aber nicht, ob die Aktion auch tatsächlich ausgeführt wurde. In einem weiterentwickelten System könnte die Integration von Statusabfragen des Aktors und deren Ausgabe am Display dessen Nutzen deutlich aufwerten.

Ein kritischer Punkt ist das „permanent mithören“, d.h. das Spracherkennungsmodul muss „always on“ sein, um nach Schlüsselwörtern zu hören. Das Modul hätte auch eine andere Konfigurationsmöglichkeit zugelassen, nämlich ein Standby-Betrieb, aus dem es durch Drücken eines Tasters geholt wird. Der Tastendruck leitet gleichzeitig die Erkennungsphase ein, und bedeutet für den Benutzer die Aufforderung, einen Befehl zu sagen. Allerdings sollte die Fernbedienung eben nur mit Sprache, also ohne den Einsatz der Hände oder den Bedarf von Tasten zu bedienen sein. Der Autor dachte Lösungen an, das Modul beispielsweise über einen integrierten Bewegungsmelder aus dem Standby-Modus zu holen. Doch für den vorliegenden Anwendungshintergrund erwiesen sich diese als nicht praktikabel. Weiters ist die Stromaufnahme beim „Mithören“ durch einen

vorgeschalteten Widerstand begrenzt. Daher versuchte er auf andere Wege, den durch das „always on“ erhöhten Strombedarf zu kompensieren. Er bevorzugte bei der Wahl der Komponenten solche mit niedrigem Energieverbrauch. In Kapitel 6.2.8 stellte er Berechnungen zur Schätzung des Gesamtverbrauchs an. Die durchschnittliche Betriebsdauer würde bei handelsüblichen Akkus 2-3 Tage betragen. Als Energiequelle entschied sich der Autor im Entwurf für aufladbare bzw. auswechselbare Akkus. Mit dem Bereitstellen eines Ersatz-Akkus kann eine nahezu ununterbrochene Versorgung garantiert werden.

Trotzdem bleibt die Energieversorgung der kritische Punkt, denn das häufig erforderliche Wechseln der Akkus ist nicht benutzerfreundlich. Die Versorgung über ein Steckernetzteil ist daher eine Option zur Verbesserung, auch wenn es eine geringfügige Einschränkung der Anforderung „die Fernbedienung muss portabel sein“ bedeutet.

Über diese Anforderung wiederum lässt sich diskutieren. Während der Umsetzung stellte sich dem Autor die Frage, ob die nächste Stufe der sprachgesteuerten Fernbedienung nicht „Sprache ALS Fernsteuerung“ sein könnte. Die vorliegende Arbeit basiert auf dem Konzept einer klassischen Fernbedienung, die anstelle von Tasten Sprachbefehle als Eingabe nutzt, ansonsten aber von derselben Handhabung ausging, sprich die Fernbedienung wird vom Nutzer in der Hand gehalten bzw. befindet sich in seiner unmittelbaren Nähe. Eine interessante Weiterentwicklung wäre ein Konzept ähnlich zu „Access Points“, d.h. das Eingabegerät müsste sich bloß im Raum, aber nicht unbedingt in der Hand des Nutzers befinden. Dies würde aber weitaus höhere Anforderungen an das Mikrofon und an die Spracherkennung (Nebengeräusche) stellen.

Der Autor bezog in der Analyse der Aufgabenstellung die Anforderungen aus dem Einsatzumfeld weitreichend mit ein. Er sprach im Vorfeld mit Betroffenen, um ihre Sichtweise zu erforderlichen Eigenschaften und Funktionen zu erhalten. Ebenso holte er auch wieder ihre Meinung zum fertigen Prototypen ein. Dem zwölfjährigen Riad bereitete es ein großes Vergnügen, per Sprachbefehl Aktionen auszulösen. Dank jugendlicher Neugier und Aufgeschlossenheit hatte er keine Scheu, mit dem Gerät „zu sprechen“. Der 36-jährige Martin empfand es doch als etwas gewöhnungsbedürftig, Sprachkommandos in eine Fernbedienung zu sprechen. Worin sich aber beide einig waren, war dass es sinnvoll wäre, auch eine Infrarot-Schnittstelle zu integrieren, um Geräte der Unterhaltungselektronik per Sprache bedienen zu können.

### 7.3 Ausblick

Die Möglichkeit, Sprachbefehle per Funk zu übertragen und damit elektrische Anlagen im Wohnumfeld zu steuern, erschließt einen Einsatzbereich zur Unterstützung von Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen.

Eine sprachgesteuerte Fernbedienung könnte einen Beitrag dazu leisten, Betroffenen ein Stück mehr Autonomie bei der Bewältigung ihres Alltags zu bieten. Selbstständig zu sein,

nicht auf fremde Hilfe angewiesen sein zu müssen, ist ein zentraler Wunsch von Menschen mit Behinderung.

Technische Assistenzsysteme haben außerdem den Vorteil, dass sie rund um die Uhr jederzeit zur Verfügung stehen. Die Recherche über verfügbare Lösungen am Beginn der Arbeit hat gezeigt, dass es durchaus erprobte Gesamtsysteme gibt. Diese haben aber auch (noch) ihren Preis.

Ein weiterer Faktor ist, dass mit dem Grad der Beeinträchtigung die Erfordernisse an Lösungen zunehmend spezieller werden. Zum anderen sind die Voraussetzungen im Wohnumfeld auch immer sehr unterschiedlich. Die intelligent ausgestattete Wohnung, an der alle Haustechnikgewerke über ein Bussystem miteinander verbunden sind, bildet noch eher die Ausnahme als die Regel. Daher sind modulare Systeme gefragt, die den nötigen Spielraum zur Abstimmung auf den Einzelfall zulassen.

# Literaturverzeichnis

- [APPL12] Apple Inc.: iPhone 4S, Features,  
<http://www.apple.com/de/iphone/features/siri.html>, verfügbar am 20.03.2012
- [BMAS08] Bundesministerium für soziale Sicherheit, Generationen und  
Konsumentenschutz: Bericht der Bundesregierung über die Lage von  
Menschen mit Behinderung in Österreich 2008,  
<https://broschuerenservice.bmask.gv.at>, verfügbar am 24.03.2012
- [BMBF09] BMBF/VDE-Innovationspartnerschaft AAL: Technische Assistenzsysteme,  
[http://www.e-health-com.eu/fileadmin/user\\_upload/dateien/Aus\\_den\\_Verbaenden/VDE\\_03\\_09.pdf](http://www.e-health-com.eu/fileadmin/user_upload/dateien/Aus_den_Verbaenden/VDE_03_09.pdf),  
verfügbar am 24.03.2012
- [BMBF12] BMBF/VDE-Innovationspartnerschaft AAL: aal@home, Ambient Assisted  
Living – Altersgerechte Assistenzsystem für ein gesundes und unabhängiges  
Leben,  
<http://www.aal-home.de>, verfügbar am 24.03.2012
- [BrCC12] Brauer, Christian; Conte, Alessandro; Crosina, Daniel: Schutz des Smart  
Home Systems vor unbefugten Zugriffen,  
[http://winfwiki.wi-fom.de/index.php/Schutz\\_des\\_Smart\\_Home\\_Systems\\_vor\\_unbefugten\\_Zugriff\\_en#cite\\_note-49](http://winfwiki.wi-fom.de/index.php/Schutz_des_Smart_Home_Systems_vor_unbefugten_Zugriff_en#cite_note-49), verfügbar am 14.04.2012
- [DELL08] Delling, Marc: Entwicklung einer multimodalen Kontrolleinheit für einen  
barrierefreien Multimedia PC, Diplomarbeit,  
Fakultät Technik und Informatik der Hochschule für Angewandte  
Wissenschaften, Hamburg, 2008
- [EFFE12] Effeff Sicherheitstechnik GmbH: effeff Produktbereiche: Elektro-Türöffner für  
Standardanwendungen, Produktkatalog 2012,  
<http://secure.effeff.de/index.php?key=produktkatalog>, verfügbar am  
28.03.2012
- [GEZE12a] Geze GmbH: Elektrische Belüftung. Komfortables und sicheres Öffnen,  
<http://www.geze.at/geze/produkte/rwa-und-lueftungstechnik/lueftung/elektrische-lueftung.html>, verfügbar am 28.03.2012
- [GEZE12b] Geze GmbH: Automatische Türsysteme,  
<http://www.geze.de/geze/produkte/automatische-tuersysteme.html>, verfügbar  
am 28.03.2012
- [HAED02] Hädrich, Markus, et.al.: Spracherkennung, Unterrichtseinheit  
Kommunikationswissenschaften1, Berlin 2002  
[http://pascal.kgw.tu-berlin.de/gnom/Lehre/kw1/04\\_spracherkennung/spracherkennung.pdf](http://pascal.kgw.tu-berlin.de/gnom/Lehre/kw1/04_spracherkennung/spracherkennung.pdf),  
verfügbar am 04.05.2012
- [HOLM91] Holmes, John N.: Sprachsynthese und Spracherkennung,  
München, R. Oldenburg Verlag, 1991

- [HUMA12a] Humanelektronik GmbH: Produkte Kategorie Umfeldsteuerung, [http://www.humanelektronik.de/fileadmin/\\_elektronik/marketing/katalog/Gesamtkatalog\\_2011/Humanelektronik\\_Katalog.html](http://www.humanelektronik.de/fileadmin/_elektronik/marketing/katalog/Gesamtkatalog_2011/Humanelektronik_Katalog.html), verfügbar am 30.03.2012
- [HUMA12b] Humanelektronik GmbH: Spezial- und Rehabilitationselektronik, [http://www.humanelektronik-katalog.de/index.php/cat/c8\\_Augensteuerung.html](http://www.humanelektronik-katalog.de/index.php/cat/c8_Augensteuerung.html), verfügbar am 30.03.2012
- [INSO12] Insors GmbH: Sprachgesteuerte Umfeldkontrolle und andere Sondersteuerungen für behinderte Menschen, <http://www.insors.de/index.php/de/remository/Informationsmaterial-Easy-by-Voice-%C2%AE>, verfügbar am 30.03.2012
- [JECK03] Jeckle, Mario: UML2 glasklar, Carl Hanser Verlag 2003, Probekapitel Online im Internet: „Das Use Case Diagramm“, <http://www.jeckle.de/uml-glasklar/UseCaseDiagramm.pdf>, verfügbar am 15.03.2012
- [KAIN12] Kaindl, Anton: Die intelligente Wohnung, Salzburger Nachrichten, <http://www.salzburg.com/nachrichten/salzburg/wirtschaft/sn/artikel/die-intelligente-wohnung>, verfügbar am 24.03.2012
- [KARA12] Karall, Martin: Multimedia-Broschüre der Karall & Matausch GmbH, <http://www.k-m.at/multimedia/smart-home>, verfügbar am 23.03.2012
- [KETZ07] Ketzmerick, Bettina: Einflussgrößen und signifikante Parameter menschlicher Stimmen, in: Sprachsignalverarbeitung – Analyse und Anwendungen, hrsg. v. Christian Hentschel, Studentexte zur Sprachkommunikation, Band 44, S. 126-138  
Dresden, Verlag der Wissenschaften, 2007
- [KrKr02] Kreidl, Harald; Kremser, Hans-Günter: Moderne Funkfernsteuersysteme im ISM-Bereich,  
Poing, Franzis Verlag, 2002
- [LOID95] Loidolt, Gerhard: ATONOM III: Spracherkennung, Diplomarbeit, Institut für allgemeine Elektrotechnik und Elektronik der Technischen Universität Wien, Abteilung für Angewandte Elektronik, Wien, 1995
- [LOXO12] Loxone Electronics: Miniserver – Eine einfache Lösung zur Hausautomation, <http://www.loxone.com/Pages/de/produkte/Miniserver/Miniserver.aspx>, verfügbar am 23.03.2012
- [MuWa02] Müller, Helmut; Walz, Lothar: Mikroprozessortechnik, Würzburg, 6., neu bearbeitete Aufl., Vogel, 2002
- [NANO12] NanoPac Inc: Pilot Pro – Control your Environment, <http://www.nanopac.com/SiCare.htm>, verfügbar am 31.03.2012
- [PETR07] Petrik, Stefan: Grundlagen der Spracherkennung, <http://www-gewi.uni-graz.at/gralis/Educarium/fabend/IntroASR.pdf>, verfügbar am 05.05.2012
- [POHL07] Pohl, Klaus: Requirements Engineering. Grundlagen, Prinzipien, Techniken, Heidelberg, dpunkt.verlag, 2007
- [POLL12] Pollin Onlineshop: VD364 Speech Recognition Kit, Akkurate Spracherkennung für elektronische Geräte, Beschreibung, [http://www.pollin.de/shop/dt/Njg5OTgxOTk-/Bausaetze\\_Module/Bausaetze/Spracherkennungsmodul\\_VD364.html](http://www.pollin.de/shop/dt/Njg5OTgxOTk-/Bausaetze_Module/Bausaetze/Spracherkennungsmodul_VD364.html),

verfügbar am 02.03.12

- [QU04] Qu, Lizhen: „UML 2 Inside“ - Use-Case-Diagramme - Beschreibungen und Szenarien. Proseminar, Technische Universität Kaiserslautern, 2004, <http://agrausch.informatik.uni-kl.de/lehre/SS-04/ProSem-UML/releases/f-qu-usecases.pdf>, verfügbar am 15.03.2012
- [RADE12] Rademacher Geräte-Elektronik GmbH: Einbau- und Gebrauchsanleitung von Rademacher Rohrmotoren, <http://www.rademacher.de/de/produkte/elektrische-rollo-laden-garagator/rohrmotoren>, verfügbar am 28.03.2012
- [REIS11] Reischl, Gerald: Vernetzt: Intelligente Haussteuerung wird leistbar, <http://futurezone.at/digitallife/2281-intelligente-haussteuerung-wird-leistbar.php>, verfügbar am 23.03.2012
- [RIED00] Riedl, Wilhelm: Das Mikrocontroller-Experimentiersystem „MicroWilli“. Skriptum, Wien, HTL TGM – Höhere Technische Lehranstalt, TGM - die Schule der Technik, 2000
- [SCHU06] Schukat-Talamazzini, Ernst Günter: Automatische Spracherkennung. Einführung. Skriptum zur Vorlesung im Wintersemester 2006, Jena, <http://www.minet.uni-jena.de/fakultaet/schukat/ASE/WS067>, verfügbar am 05.05.2012
- [SENS00] Sensory Inc.: Voice Direct 364, Data Book, P/N 80-0179-F, 2000, <http://www.sensoryinc.com/support/documentation.html#ds>, verfügbar am 02.03.2012
- [SENS01] Sensory Inc.: Voice Extreme Module, Datenblatt, P/N 80-0205-C, 2001, <http://sensoryinc.com/support/docs/80-0205-C.pdf>, verfügbar am 02.03.2012
- [SENS02] Sensory Inc.: Voice Extreme Toolkit, Programmer's Manual, P/N 20-0200-D, 2002, <http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0200-D.pdf>, verfügbar am 02.03.2012
- [SENS07] Sensory Inc.: RSC-4x Demo/Evaluation V2 Manual, P/N 80-0293-E, <http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0293-E.pdf>, verfügbar am 02.03.2012
- [SEVE12] Seveke, Elisabeth: Computer für Behinderte: Umfeldsteuerung mittels Lautsprache – Sicare Standard/Basic, <http://www.computer-fuer-behinderte.de/produkte/2umf-sicare.htm>, verfügbar am 31.03.2012
- [SIEM94] Siemens: Microcomputer Components, 8-Bit CMOS Single-Chip Microcontroller SAB 80C517A, Data Sheet 05.94, <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/45592/SIEMENS/SAB-80C517A-N18.html>, verfügbar am 08.05.2012
- [TIGA12] Tigal KG: VeeAR, SmartVR, User Manual, Release 2.0, [http://download.tigal.com/veear/SmartVR\\_User\\_Manual.pdf](http://download.tigal.com/veear/SmartVR_User_Manual.pdf), verfügbar am 02.03.2012
- [VOIC12a] voiceINTERconnect GmbH: Datenblatt vicCONTROL DSP 3.0, <http://www.voiceinterconnect.de/viccontrol.html>, verfügbar am 01.03.2012

- [VOIC12b] voiceINTERconnect GmbH: Hardware-Demonstrator vicCONTROL-DSP-Relais, Technisches Referenzhandbuch, Version 2.9,  
<http://www.voiceinterconnect.de/viccontrol.html>, verfügbar am 01.03.2012
- [ZuGK04] Zuser, Wolfgang, Grechenig, Thomas, Köhle, Monika: Software Engineering mit UML und dem Unified Process, 2., überarbeitete Aufl., München, Pearson Studium, 2004

# Anlagen

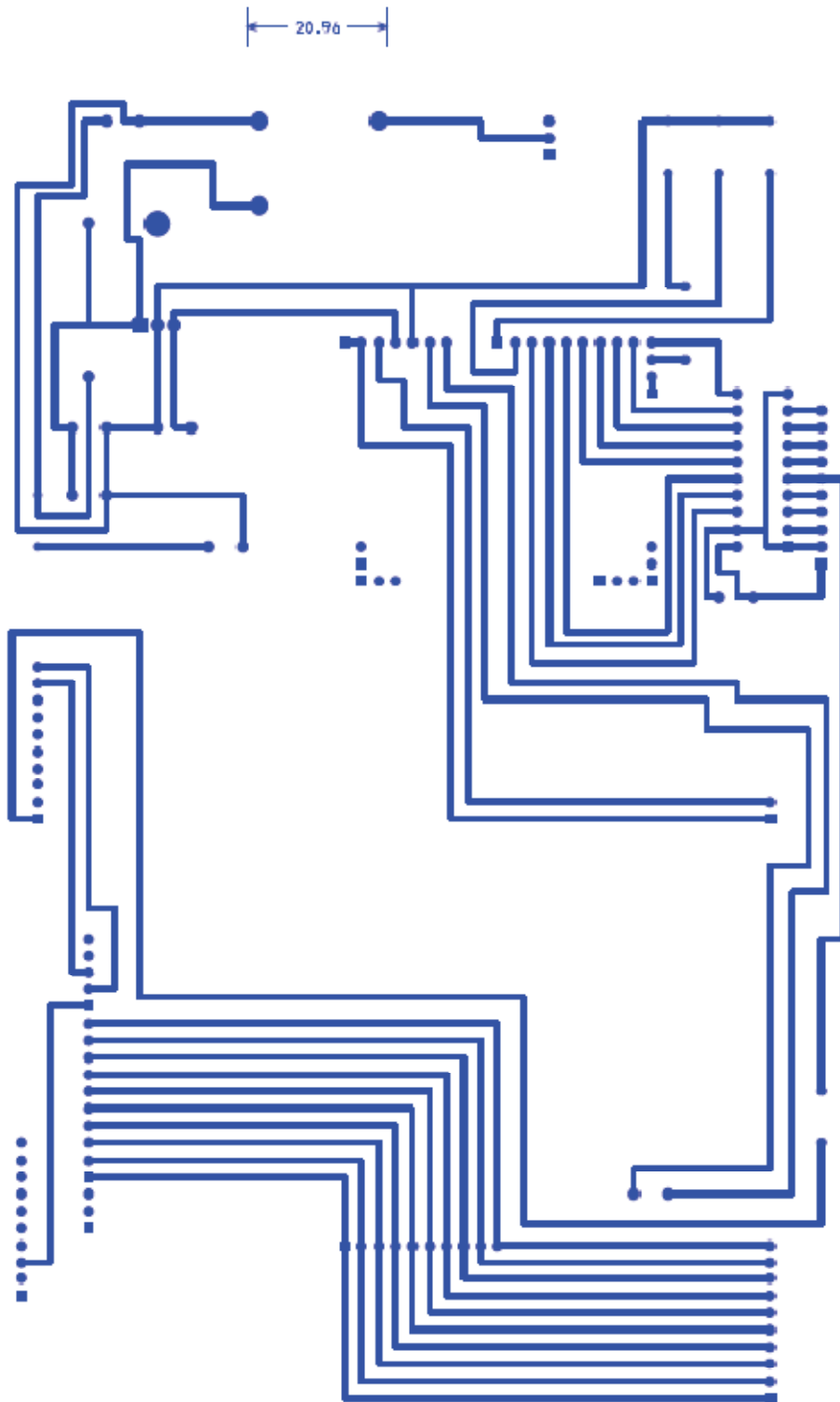
ANLAGE A..... I

ANLAGE B..... II

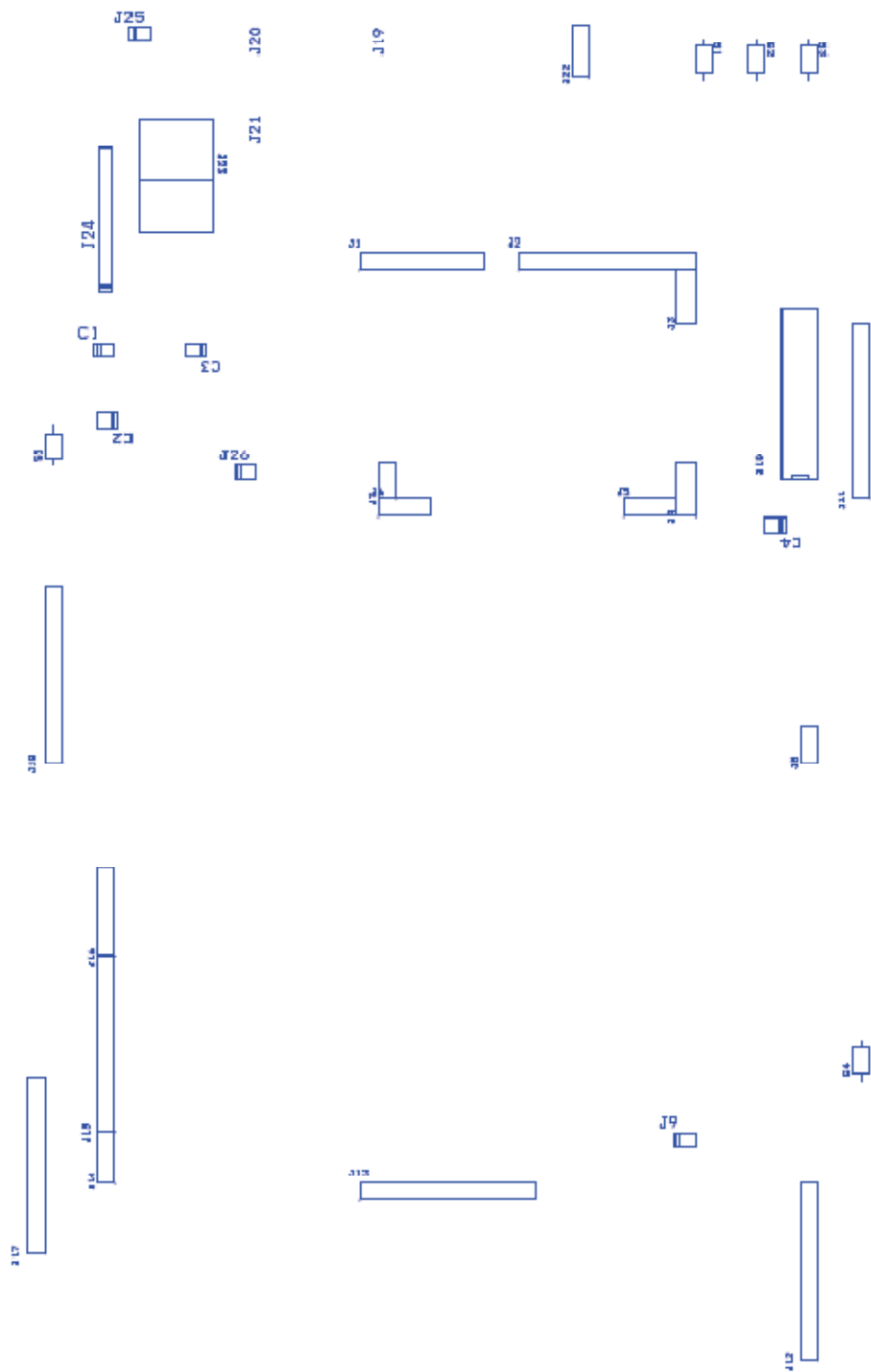


# Anlage A

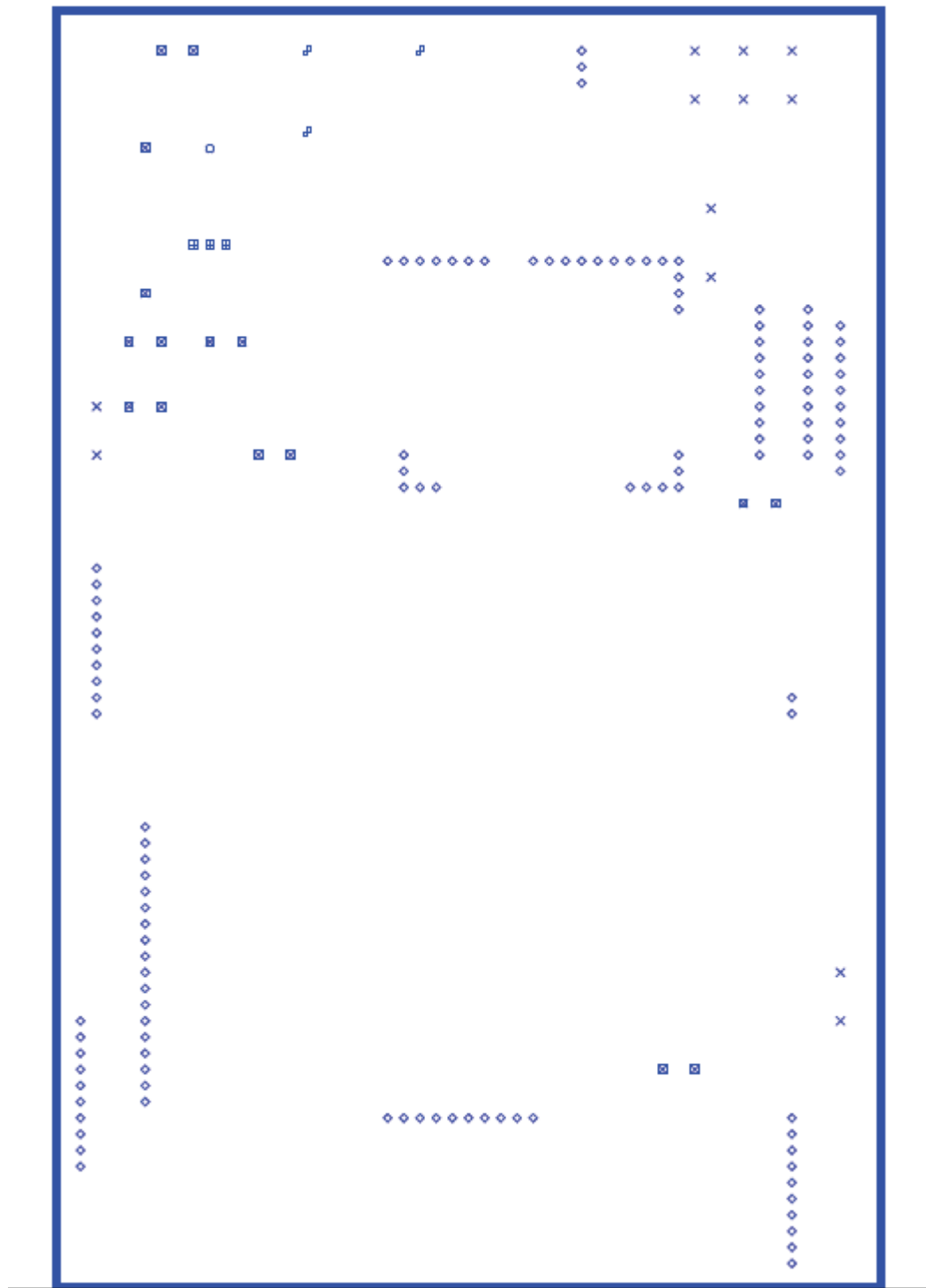
Layout sprachgesteuerte Fernbedienung



## Bestückungsplan sprachgesteuerte Fernbedienung



## Bohrplan sprachgesteuerte Fernbedienung



**Tabelle 12: Stückliste sprachgesteuerte Fernbedienung**

Bauteil	Bezeichnung	Anzahl	Referenz
Spracherkennungsmodul	VD364	1	JP1 – JP 4
Mikrofonkapsel	Mikrofonkapsel	1	J8
Lautsprecher	Lautsprecher	1	J9
Taster	Miniatur-Taster	2	S4, S5
Taster	Miniatur-Taster	3	Reset, Train, Recog
8-fach Bustreiber	SN74LS245	1	J10
Präzisionssockel	D28F, 20pol	1	J10
LCD-Modul	JM164A	1	J14, J15
HF-Sender	HF-Sender	1	J19 – J21
10-polige Stiftleisten	10-polige Stiftleisten	3	J11, J17, J18
Klemmen 2polig	Klemmen 2polig	2	J25, J26
Stiftleiste 3polig	Stiftleiste 3polig	1	J22
NICD-Akku	NICD-Akku	1	
Spannungsregler	LM7805C	1	J23
Sicherung flink	Glasrohr 500mA	1	J24
Sicherungshalter	5x20 printbar	1	J24
Keramikkondensator	100n	2	C2, C4
Elektrolytkondensator	4.7 $\mu$ F	1	C1
Elektrolytkondensator	470 $\mu$ F	1	C3

# Anlage B

## Programmcode sprachgesteuerte Fernbedienung

```
/******  
Projektname   : Sprachgesteuerte Fernbedienung:  
erstellt am  : 28.Mai 2012  
von           : El Hani Mohamed
```

Beschreibung : Senden asynchron über S1 und Ausgabe am Display

Beim Senden muss beachtet werden, dass der Empfänger die ankommenden Daten auch verarbeiten kann. Bei 9600 Bd dauert die Übertragung von 10 Bit ca. 1 ms bzw. 1000 µs, also 1000 Maschinenzyklen. Während dieser Zeit muss das in S1BUF angekommene Byte gelesen werden.

Vom Spracherkennungsmodul erhalten wir ein paralleles Signal, das über Port 4 eingelesen wird. Im µC erfolgt die Aufbereitung des Signals für die Ausgabe am Display und für die Funkübertragung.

```
*****/
```

```
/****** INCLUDES *****/
```

```
#include <Reg517a.h>  
#include "LcdBus.h"  
#include "Delay.h"
```

```
char zeichen;
```

```
int i;
```

```
/**** Variablen *****/
```

```
char Zeile=1,Spalte=1;  
char Text1[30] = "Wohnzimmer Fenster 1 Öffnen\0";  
char Text2[30] = "Wohnzimmer Fenster 1 Schließen\0";  
char Text3[30] = "Wohnzimmer Fenster 1 Stoppen\0";  
char Text4[30] = "Wohnzimmer Fenster 2 Öffnen\0";  
char Text5[30] = "Wohnzimmer Fenster 2 Schließen\0";  
char Text6[30] = "Wohnzimmer Fenster 2 Stoppen\0";  
char Text7[30] = "Schlafzimmer Fenster Öffnen\0";  
char Text8[30] = "Schlafzimmer Fenster Schließen\0";  
char Text9[30] = "Schlafzimmer Fenster Stoppen\0";  
char Text10[30] = "Wohnzimmer Jalousie 1 Heben\0";  
char Text11[30] = "Wohnzimmer Jalousie 1 Senken\0";  
char Text12[30] = "Wohnzimmer Jalousie 1 Stoppen\0";  
char Text13[30] = "Wohnzimmer Jalousie 2 Heben\0";  
char Text14[30] = "Wohnzimmer Jalousie 2 Senken\0";  
char Text15[30] = "Wohnzimmer Jalousie 2 Stoppen\0";  
char Text16[30] = "Schlafzimmer Jalousie Heben\0";  
char Text17[30] = "Schlafzimmer Jalousie Senken\0";  
char Text18[30] = "Schlafzimmer Jalousie Stoppen\0";  
char Text19[30] = "Wohnzimmer Licht Ein\0";  
char Text20[30] = "Wohnzimmer Licht Aus\0";  
char Text21[30] = "Schlafzimmer Licht Ein\0";  
char Text22[30] = "Schlafzimmer Licht Aus\0";  
char Text23[30] = "Vorraum Licht Ein\0";  
char Text24[30] = "Vorraum Licht Aus\0";  
char Text25[30] = "Vorraum Türöffner Auf\0";  
char Text26[30] = "Gute Nacht\0";
```

```

/*=====

Hauptfunktion

=====*/

void main(void)
{
    S1CON=0x50;          //8Bit, normal, Empfänger ausgeschaltet, TI0=0
    BD=1;                //Internen Baudratengenerator verwenden
    S1RELL=0xC8;         //Baurate = 9600

/*=====

Initialisierung

=====*/

    /*** Initialisierung LCD-Display ***/

    InitLCD();          /* LCD-Anzeige initialisieren */
    delay(100);
    Cursor(0,0);         /* alles aus */
    delay(100);
    ClearScreen();
    delay(100);

    P4 = 0x00;           /* Initialisierung Port 4 */

    while(1)
    {
        zeichen = P4;     //Eingabe eines Zeichens
        S1BUF = zeichen;  //Ausgabe und Start der Übertragung
        while(!(S1CON&0x02)); //xxxx xxTI1x & 00000010 ist 0 wenn TI1=0
                                //!(xxxx xxTI1x & 00000010) ist 1 wenn TI1=1
        S1CON &= 0xFD;     // Rücksetzen von TI1 mit Maske 1111 1101
        for(i=0;i<1000;i++); //Zeitverzögerung
    }
    if(P4==0x01) //00000001
    {
        /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
        PrintLCD(1, 1, Text1);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
    else if(P4==0x02) //00000010
    {
        /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
        PrintLCD(1, 1, Text2);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
    else if(P4==0x04) //00000100
    {
        /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
        PrintLCD(1, 1, Text3);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
    else if(P4==0x08) //00001000
    {
        /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */

```

```

        PrintLCD(1, 1, Text4);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
else if (P4==0x10)    //00010000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text5);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P4==0x20)    //00100000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text6);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P4==0x40)    //01000000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text7);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P4==0x80)    //10000000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text8);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0x81)    //10000001
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text9);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0x82)    //10000010
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text10);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0x84)    //10000100
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text11);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0x88)    //10001000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text12);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0x90)    //10010000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */

```

```

        PrintLCD(1, 1, Text13);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
else if (P1==0xA0) //10100000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text14);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0xC0) //11000000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text15);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0xC1) //11000001
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text16);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0xC2) //11000010
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text17);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0xC4) //11000100
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text18);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0xC8) //11001000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text19);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0xD0) //11010000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text20);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0xE0) //11100000
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
    PrintLCD(1, 1, Text21);
    delay(10000);
    ClearScreen();
}
else if (P1==0xE1) //11100001
{
    /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */

```



```

        PrintLCD(1, 1, Text22);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
    else if (P1==0xE2) //1110010
    {
        /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
        PrintLCD(1, 1, Text23);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
    else if (P1==0xE4) //11100100
    {
        /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
        PrintLCD(1, 1, Text24);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
    else if (P1==0xE8) //11101000
    {
        /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
        PrintLCD(1, 1, Text25);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
    else if (P1==0xF0) //11110000
    {
        /* PrintLCD(Spalte, Zeile, ptr_String) */
        PrintLCD(1, 1, Text26);
        delay(10000);
        ClearScreen();
    }
}

```

## Programmcode Zentrale Ansteuerung

\*\*\*\*\*

Projektname : Sprachgesteuerte Fernbedienung

erstellt am : 30.Mai 2012

von : Ing. El Hani Mohamed

Beschreibung : Über die Serielle Schnittstelle S1 werden die empfangenen Bytes eingelesen und an Port 1 ausgegeben. Dort erfolgt die Abfrage des Zustands, abhängig davon wird das Signal an den Ausgangsports 3,4,5 oder 7 aktiviert. Das PWM-Signal wird an Port 4 ausgegeben.

\*\*\*\*\*/

\*\*\*\*\* INCLUDES \*\*\*\*\*/

#include <Reg517a.h> // fuer SAB80C537

\*\*\*\*\* BITDEKLARATIONEN \*\*\*\*\*/

//Definition von Variablen

char empfzeichen(void); //Funktionsdeklaration (Funktionsprototyp)

unsigned char zustand=0;

long i;

int Wohnzimmer\_Fenster\_1\_Oeffnen ();

int Wohnzimmer\_Fenster\_1\_Schliessen ();

int Wohnzimmer\_Fenster\_1\_Stoppen ();

```

int Wohnzimmer_Fenster_2_OEffnen ();
int Wohnzimmer_Fenster_2_Schliessen ();
int Wohnzimmer_Fenster_2_Stoppen ();
int Schlafzimmer_Fenster_OEffnen ();
int Schlafzimmer_Fenster_Schliessen ();
int Schlafzimmer_Fenster_Stoppen ();
int Wohnzimmer_Jalousie_1_Heben ();
int Wohnzimmer_Jalousie_1_Senken ();
int Wohnzimmer_Jalousie_1_Stoppen ();
int Wohnzimmer_Jalousie_2_Heben ();
int Wohnzimmer_Jalousie_2_Senken ();
int Wohnzimmer_Jalousie_2_Stoppen ();
int Schlafzimmer_Jalousie_Heben ();
int Schlafzimmer_Jalousie_Senken ();
int Schlafzimmer_Jalousie_Stoppen ();
int Wohnzimmer_Licht_Ein ();
int Wohnzimmer_Licht_Aus ();
int Schlafzimmer_Licht_Ein ();
int Schlafzimmer_Licht_Aus ();
int Vorraum_Licht_Ein ();
int Vorraum_Licht_Aus ();
int Vorraum_Tur_OEffner_Auf ();
int Gute_Nacht ();

```

#### //Definition der Konstanten

#define	Wohnzimmer_F1_OE	0xFE	//11111110 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_F1_Sch	0xFD	//11111101 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_F1_St	0xFC	//11111100 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_F2_OE	0xF7	//11111011 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_F2_Sch	0xFB	//11111011 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_F2_ST	0xF3	//111110011 Ausgangsport 3
#define	Schlafzimmer_F_OE	0xEF	//111011111 Ausgangsport 3
#define	Schlafzimmer_F_Sch	0xDF	//110111111 Ausgangsport 3
#define	Schlafzimmer_F_St	0xCF	//110011111 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_J1_H	0xBF	//101111111 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_J1_S	0x7F	//011111111 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_J1_ST	0x3F	//001111111 Ausgangsport 3
#define	Wohnzimmer_J2_H	0xFE	//11111110 Ausgangsport 4
#define	Wohnzimmer_J2_S	0xFD	//11111101 Ausgangsport 4
#define	Wohnzimmer_J2_ST	0xFC	//11111100 Ausgangsport 4
#define	Schlafzimmer_J_H	0xFB	//11111011 Ausgangsport 4
#define	Schlafzimmer_J_S	0xF7	//11111011 Ausgangsport 4
#define	Schlafzimmer_J_ST	0xF3	//111110011 Ausgangsport 4
#define	Wohnzimmer_L_E	0xEF	//111011111 Ausgangsport 4
#define	Wohnzimmer_L_A	0xCF	//110011111 Ausgangsport 4
#define	Schlafzimmer_L_E	0xBF	//101111111 Ausgangsport 4
#define	Schlafzimmer_L_A	0x3F	//001111111 Ausgangsport 4
#define	Vorraum_L_E	0xFE	//11111110 Ausgangsport 5
#define	Vorraum_L_A	0xFC	//11111100 Ausgangsport 5
#define	Vorraum_T_A	0xBB	//10111011 Ausgangsport 5

/\*=====

#### Hauptfunktion (Eintrittsfunktion)

=====\*/

```

void main()
{
    S1CON=0x50;           //8Bit, normal, Empfänger ausgeschaltet, TI0 = 0
    BD=1;                 // Internen Baudratengenerator verwenden
    S1RELH=0x02;
    S1RELL=0xC8;         //Baurate = 9600
}

```

/\*-----

## Initialisierung

```
-----*/
P1=0x00;
CTCON = 0x04;           // Vorteiler
CTRELH = 0xFF;          // Reloadwert H-Byte
CTRELL = 0x00;          // Reloadwert L-Byte und Start Compare-Timer
CMH0 = 0xFF;            // Anfangsvergleichswert
CML0 = 0x7F;            // setzt Tastgrad zunächst auf 0.5
CMSEL |= 0x01;          // CM0 aktivieren
/*-----
```

## Hauptprogramm-Schleife

```
-----*/

while(1)
{
    P1 = empfehlen();           //Funktionsaufruf (Ausgabe des ASCII-Codes)

    Wohnzimmer_Fenster_1_Oeffnen ();           // Aufruf des Unterprogramms
    Wohnzimmer_Fenster_1_Schliessen ();
    Wohnzimmer_Fenster_1_Stoppen ();
    Wohnzimmer_Fenster_2_Oeffnen ();
    Wohnzimmer_Fenster_2_Schliessen ();
    Wohnzimmer_Fenster_2_Stoppen ();
    Schlafzimmer_Fenster_Oeffnen ();
    Schlafzimmer_Fenster_Schliessen ();
    Schlafzimmer_Fenster_Stoppen ();
    Wohnzimmer_Jalousie_1_Heben ();
    Wohnzimmer_Jalousie_1_Senken ();
    Wohnzimmer_Jalousie_1_Stoppen ();
    Wohnzimmer_Jalousie_2_Heben ();
    Wohnzimmer_Jalousie_2_Senken ();
    Wohnzimmer_Jalousie_2_Stoppen ();
    Schlafzimmer_Jalousie_Heben ();
    Schlafzimmer_Jalousie_Senken ();
    Schlafzimmer_Jalousie_Stoppen ();
    Wohnzimmer_Licht_Ein ();
    Wohnzimmer_Licht_Aus ();
    Schlafzimmer_Licht_Ein ();
    Schlafzimmer_Licht_Aus ();
    Vorraum_Licht_Ein ();
    Vorraum_Licht_Aus ();
    Vorraum_Tur_Oeffner_Auf ();
    Gute_Nacht ();

    switch(zustand)
    {
        case 0: P3=Wohnzimmer_F1_OE; break;
        case 1: P3=Wohnzimmer_F1_Sch; break;
        case 2: P3=Wohnzimmer_F1_St; break;
        case 3: P3=Wohnzimmer_F2_OE; break;
        case 4: P3=Wohnzimmer_F2_Sch; break;
        case 5: P3=Wohnzimmer_F2_ST; break;
        case 6: P3=Schlafzimmer_F_OE; break;
        case 7: P3=Schlafzimmer_F_Sch; break;
        case 8: P3=Schlafzimmer_F_St; break;
        case 9: P3=Wohnzimmer_J1_H; break;
        case 10: P3=Wohnzimmer_J1_S; break;
        case 11: P3=Wohnzimmer_J1_ST; break;
        case 12: P4=Wohnzimmer_J2_H; break;
        case 13: P4=Wohnzimmer_J2_S; break;
    }
}
```

```

        case 14: P4=Wohnzimmer_J2_ST; break;
        case 15: P4=Schlafzimmer_J_H; break;
        case 16: P4=Schlafzimmer_J_S; break;
        case 17: P4=Schlafzimmer_J_ST; break;
        case 18: P4=Wohnzimmer_L_E; break;
        case 19: P4=Wohnzimmer_L_A; break;
        case 20: P4=Schlafzimmer_L_E; break;
        case 21: P4=Schlafzimmer_L_A; break;
        case 22: P5=Vorraum_L_E; break;
        case 23: P5=Vorraum_L_A; break;
        case 24: P5=Vorraum_T_A; break;
    }
}

/*=====

```

### Funktionen

```

=====*/

```

```

char empzeichen(void)          //Funktionsdefinition: Empfang eines Zeichens
{
    char c;                    // Lokale Variable
    while(!(S1CON&0x01));      // Warten solange RI1 = 0 (kein Z. empfangen)
    c = S1BUF;                 // Zeichen aus Empfangspuffer lesen
    S1CON &= 0xFE;             // RI1 rücksetzen
    return c;                  // Rückgabe des empfangenen Zeichens
}                               //kehrt zurück zu main()

```

```

/*-----

```

### Unterprogramm fuer Wohnzimmer Fenster 1 Oeffnen

```

-----*/

```

```

    Wohnzimmer_Fenster_1_Oeffnen ()          //P1.0
    {
if (P1==0x01)                               // Abfrage, ob Wohnzimmer Fenster 1 Öffnen-Befehl anliegt
    {
        if (zustand==1) zustand=0; // Ist Wohnzimmer Fenster 1 geschlossen dann Öffnen
        else if (zustand==2) zustand=0; // Ist Wohnzimmer Fenster 1 gestoppt dann Öffnen
    }
    }
    //kehrt zurueck zu main()

```

```

/*-----

```

### Unterprogramm fuer Wohnzimmer Fenster 1 Schliessen

```

-----*/

```

```

Wohnzimmer_Fenster_1_Schliessen ()
{
if (P1==0x02)                               // Abfrage, ob der Befehl Schließen anliegt
    {
        if (zustand==0) zustand=1; // Ist Wohnzimmer Fenster 1 geöffnet dann Schließen
        else if (zustand==2) zustand=1; // Ist Wohnzimmer Fenster 1 gestoppt dann Schließen
    }
}
    //kehrt zurück zu main()

```

```

/*-----

```

### Unterprogramm fuer Wohnzimmer Fenster 1 Stoppen

```

-----*/

```

```

Wohnzimmer_Fenster_1_Stoppen ()
{
if (P1==04)           // Abfrage, ob der Befehl Stoppen anliegt
{
if (zustand==0) zustand=2;    // Ist Wohnzimmer Fenster 1 öffnet dann Stoppen
else if (zustand==1) zustand=2; // Ist Wohnzimmer Fenster 1 Schließt dann Stoppen
}
}
}

/*-----*/

Unterprogramm fuer Wohnzimmer Fenster 2 Oeffnen

/*-----*/

Wohnzimmer_Fenster_2_Oeffnen ()           //P1.2
{
if (P1==0x08)           // Abfrage, ob der Befehl Öffnen anliegt
{
if (zustand==4) zustand=3;    // Ist Wohnzimmer Fenster 2 geschlossen dann Öffnen
else if (zustand==5) zustand=3; // Ist Wohnzimmer Fenster 2 gestoppt dann Schließen
}
}
}

/*-----*/

Unterprogramm fuer Wohnzimmer Fenster 2 Schliessen

/*-----*/

Wohnzimmer_Fenster_2_Schliessen ()
{
if (P1==0x10)           // Abfrage, ob der Befehl Schließen anliegt
{
if (zustand==3) zustand=4;    // ist Wohnzimmer Fenster 2 geöffnet, dann Schließen
else if (zustand==5) zustand=4; // ist Wohnzimmer Fenster 2 gestoppt, dann Schließen
}
}
}

/*-----*/

Unterprogramm fuer Wohnzimmer Fenster 2 Stoppen

/*-----*/

Wohnzimmer_Fenster_2_Stoppen ()
{
if (P1==0x20)           // Abfrage, ob der Befehl Stopp anliegt
{
if (zustand==3) zustand=5;    // ist Wohnzimmer Fenster 2 geöffnet, dann Stoppen
else if (zustand==4) zustand=5; // ist Wohnzimmer Fenster 2 geschlossen, dann Stoppen
}
}
}

/*-----*/

Unterprogramm fuer Schlafzimmer Fenster Oeffnen

/*-----*/

Schlafzimmer_Fenster_Oeffnen ()
{
if (P1==0x40)           // Abfrage, ob der Befehl Öffnen anliegt
{
if (zustand==7) zustand=6;    // ist Schlafzimmer Fenster geschlossen, dann Öffnen
}
}
}

```

```

        else if (zustand==8) zustand=6; // ist Schlafzimmer Fenster gestoppt, dann Öffnen
    }
}

/*-----
Unterprogramm fuer Schlafzimmer Fenster Schliessen
-----*/

Schlafzimmer_Fenster_Schliessen ()
{
if (P1==0x80)                // Abfrage, ob der Befehl Schließen anliegt
    {
        if (zustand==6) zustand=7;      // ist Schlafzimmer Fenster geöffnet, dann Schließen
        else if (zustand==8) zustand=7; // ist Schlafzimmer Fenster gestoppt, dann Schließen
    }
}

/*-----
Unterprogramm fuer Schlafzimmer Fenster Stoppen
-----*/

Schlafzimmer_Fenster_Stoppen ()
{
if (P1==0x81)                // Abfrage, ob der Befehl Stopp anliegt
    {
        if (zustand==6) zustand=8;      // ist Schlafzimmer Fenster geöffnet, dann Stoppen
        else if (zustand==7) zustand=8 // ist Schlafzimmer Fenster geschlossen, dann Stoppen
    }
}

/*-----
Unterprogramm fuer Wohnzimmer Jalousie 1 Heben
-----*/

Wohnzimmer_Jalousie_1_Heben ()
{
if (P1==0x82)                // Abfrage, ob der Befehl Heben anliegt
    {
        if (zustand==10) zustand=9;     // Ist Wohnzimmer Jalousie 1 gesenkt, dann Heben
        else if (zustand==11) zustand=9; // Ist Wohnzimmer Jalousie 1 gestoppt, dann Heben
    }
}

/*-----
Unterprogramm fuer Wohnzimmer Jalousie 1 Senken
-----*/

Wohnzimmer_Jalousie_1_Senken ()
{
if (P1==0x84)                // Abfrage, ob der Befehl Senken anliegt
    {
        if (zustand==9) zustand=10;     // Ist Wohnzimmer Jalousie 1 gehoben, dann Senken
        else if (zustand==11) zustand=10; // Ist Wohnzimmer Jalousie 1 gestoppt, dann Senken
    }
}

/*-----

```

#### Unterprogramm fuer Wohnzimmer Jalousie 1 Stoppen

```
-----*/  
  
    Wohnzimmer_Jalousie_1_Stoppen ()  
    {  
if (P1==0x88)                // Abfrage, ob der Befehl Stoppen anliegt  
    {  
        if (zustand==9) zustand=11;    // Ist Wohnzimmer Jalousie 1 gehoben, dann Stoppen  
        else if (zustand==10) zustand=11; // Ist Wohnzimmer Jalousie 1 gesenkt, dann Stoppen  
    }  
    }  
  
/*-----
```

#### Unterprogramm fuer Wohnzimmer Jalousie 2 Heben

```
-----*/  
  
    Wohnzimmer_Jalousie_2_Heben ()  
    {  
if (P1==0x90)                // Abfrage, ob der Befehl Heben anliegt  
    {  
        if (zustand==13) zustand=12;    // Ist Wohnzimmer Jalousie 2 gesenkt, dann Heben  
        else if (zustand==14) zustand=12; // Ist Wohnzimmer Jalousie 2 gestoppt, dann Heben  
    }  
    }  
  
/*-----
```

#### Unterprogramm fuer Wohnzimmer Jalousie 2 Senken

```
-----*/  
  
    Wohnzimmer_Jalousie_2_Senken ()  
    {  
if (P1==0xA0)                // Abfrage, ob der Befehl Senken anliegt  
    {  
        if (zustand==12) zustand=13;    // Ist Wohnzimmer Jalousie 2 gehoben, dann Senken  
        else if (zustand==14) zustand=13; // Ist Wohnzimmer Jalousie 2 gestoppt, dann Senken  
    }  
    }  
  
/*-----
```

#### Unterprogramm fuer Wohnzimmer Jalousie 2 Stoppen

```
-----*/  
  
    Wohnzimmer_Jalousie_2_Stoppen ()  
    {  
if (P1==0xC0)                // Abfrage, ob der Befehl Stoppen anliegt  
    {  
        if (zustand==12) zustand=14;    // Ist Wohnzimmer Jalousie 2 gehoben, dann Stoppen  
        else if (zustand==13) zustand=14; // Ist Wohnzimmer Jalousie 2 gesenkt, dann Stoppen  
    }  
    }  
  
/*-----
```

#### Unterprogramm fuer Schlafzimmer Jalousie Heben

```
-----*/  
  
    Schlafzimmer_Jalousie_Heben ()
```

```

{
if (P1==0xC1)           // Abfrage, ob der Befehl Heben anliegt
{
    if (zustand==16) zustand=15;    // Ist Schlafzimmer Jalousie gesenkt, dann Heben
    else if (zustand==17) zustand=15; // Ist Schlafzimmer Jalousie gestoppt, dann Heben
}
}

/*-----

Unterprogramm fuer Schlafzimmer Jalousie Senken

-----*/

Schlafzimmer_Jalousie_Senken ()
{
if (P1==0xC2)           // Abfrage, ob der Befehl Senken anliegt
{
    if (zustand==15) zustand=16;    // Ist Schlafzimmer Jalousie gehoben, dann Senken
    else if (zustand==17) zustand=16; // Ist Schlafzimmer Jalousie gestoppt, dann Senken
}
}

/*-----

Unterprogramm fuer Schlafzimmer Jalousie Stoppen

-----*/

Schlafzimmer_Jalousie_Stoppen ()
{
if (P1==0xC4)           // Abfrage, ob der Befehl Stoppen anliegt
{
    if (zustand==15) zustand=17;    // Ist Schlafzimmer Jalousie gehoben, dann Stoppen
    else if (zustand==16) zustand=17; // Ist Schlafzimmer Jalousie gesenkt, dann Stoppen
}
}

/*-----

Unterprogramm fuer Wohnzimmer Licht Ein

-----*/

Wohnzimmer_Licht_Ein ()
{
if (P1==0xC8)           // Abfrage, ob der Befehl Licht-Ein anliegt
{
    if (zustand==19) zustand=18;    // Ist Wohnzimmer Licht Aus, dann Licht Ein
}
}

/*-----

Unterprogramm fuer Wohnzimmer Licht Aus

-----*/

Wohnzimmer_Licht_Aus ()
{
if (P1==0xD0)           // Abfrage, ob der Befehl Licht-Aus anliegt
{
    if (zustand==18) zustand=19;    // Ist Wohnzimmer Licht Ein, dann Licht Aus
}
}

```



```

/*-----*/

Unterprogramm fuer Schlafzimmer Licht Ein

/*-----*/

Schlafzimmer_Licht_Ein ()
{
if (P1==0xE0)           // Abfrage, ob der Befehl Licht-Ein anliegt
{
    if (zustand==21) zustand=20;    // Ist Schlafzimmer Licht Aus, dann Licht Ein
}
}

/*-----*/

Unterprogramm fuer Schlafzimmer Licht Aus

/*-----*/

Schlafzimmer_Licht_Aus ()
{
if (P1==0xE1)           // Abfrage, ob der Befehl Licht-Aus anliegt
{
    if (zustand==20) zustand=21;    // Ist Schlafzimmer Licht Ein, dann Licht Aus
}
}

/*-----*/

Unterprogramm fuer Vorraum Licht Ein

/*-----*/

Vorraum_Licht_Ein ()
{
if (P1==0xE2)           // Abfrage, ob der Befehl Licht-Ein anliegt
{
    if (zustand==23) zustand=22;    // Ist Vorraum Licht Aus, dann Licht Ein
}
}

/*-----*/

Unterprogramm fuer Vorraum Licht Aus

/*-----*/

Vorraum_Licht_Aus ()
{
if (P1==0xE4)           // Abfrage, ob der Befehl Licht-Aus anliegt
{
    if (zustand==22) zustand=23;    // Ist Vorraum Licht Ein, dann Licht Aus
}
}

/*-----*/

Unterprogramm fuer Vorraum Tur OEffner Auf

/*-----*/

Vorraum_Tur_OEffner_Auf ()
{

```

```

    if (P1==0xE8)           // Abfrage, ob der Befehl Tür Öffnen anliegt
    {
        zustand=24;         // Vorraum Tür Öffner Auf
    }
}

/*-----
    Unterprogramm fuer Aus alle Fenster, Jalousien und Licht
-----*/

Gute_Nacht ()
{
    if (P1==0xF0)           // Abfrage, ob der Befehl Gute-Nacht anliegt
    {
        zustand=1|4|7|10|13|16|19|21|23;
    }
}

```

# Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Wien, den 15.07.2012

Mohamed El Hani